



ATTORNEY DOCKET NO. 15115.081001
PATENT APPLICATION NO. 10/611,684

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Kazuyuki HAYAMIZU et al. Art Unit:
Serial No.: 10/611,684 Examiner:
Filed: July 1, 2003 Confirmation No.: 5327
Title: OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE, MANUFACTURING METHOD
THEREOF, AND OPTICAL COMMUNICATION APPARATUS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT(S) UNDER 35 U.S.C. § 119

Applicant hereby confirms his claim of priority under 35 U.S.C. § 119 from Japanese Application No. 194017/2002 filed July 2, 2002, and Japanese Application No. 11709/2003 filed January 20, 2003. Certified copies of the applications from which priority is claimed are submitted herewith.

Please charge any fees due in this respect to Deposit Account No. 50-0591, referencing 15115.081001.

Respectfully submitted,

Date: 5/5/04

Jeffrey S. Bergm ^{45,925}
Jonathan P. Osha
Reg. No. 33,986

OSHA & MAY L.L.P.
1221 McKinney, Suite 2800
Houston, TX 77010

Telephone: 713/228-8600
Facsimile: 713/228-8778

Date of Deposit: May 7, 2004
I hereby certify under 37 CFR 1.8(a) that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as **first class mail** with sufficient postage on the date indicated above and is addressed to Box Missing Parts, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Lisa H. Smith
Lisa H. Smith

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 1月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-011709

[ST.10/C]:

[JP2003-011709]

出 願 人

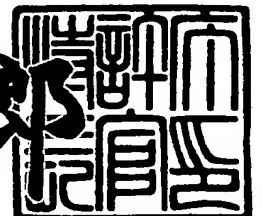
Applicant(s):

オムロン株式会社

2003年 6月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3051051

【書類名】 特許願

【整理番号】 03P00499

【提出日】 平成15年 1月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/10

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 古村 由幸

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 速水 一行

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 寺川 裕佳里

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 細川 速美

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 高橋 敏幸

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801
番地 オムロン株式会社内

【氏名】 樋口 誠良

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1

番地 オムロン株式会社内

【氏名】 多田 羅 佳孝

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1

番地 オムロン株式会社内

【氏名】 安田 成留

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1

番地 オムロン株式会社内

【氏名】 野澤 洋人

【特許出願人】

【識別番号】 000002945

【住所又は居所】 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1

番地

【氏名又は名称】 オムロン株式会社

【代表者】 立石 義雄

【代理人】

【識別番号】 100094019

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区谷町 1 丁目 3 番 5 号 オグラ天満橋

ビル

【弁理士】

【氏名又は名称】 中野 雅房

【電話番号】 (06)6910-0034

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-194017

【出願日】 平成14年 7月 2日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038508

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9800457

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路装置、光導波路装置の製造方法及び光通信用装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる光導波路領域を有する第 1 の基板と、機能部位を有する第 2 の基板とをほぼ全面にわたって接着して前記機能部位の少なくとも一部を第 1 の基板の光導波路領域外に対向させた後、

前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去することを特徴とする光導波路装置の製造方法。

【請求項 2】 光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる複数の光導波路領域を有する第 1 の基板と、複数の機能部位を有する第 2 の基板とをほぼ全面にわたって接着して前記機能部位のそれぞれの少なくとも一部を第 1 の基板の各光導波路領域外に対向させた後、

前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去すると共に第 1 及び第 2 の基板を光導波路領域及び機能部位を含む個々の光導波路装置に分離することを特徴とする光導波路装置の製造方法。

【請求項 3】 前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを接着する際、前記機能部位を形成された領域において第 1 の基板と第 2 の基板との間に接着樹脂の未硬化層を残しておき、この未硬化層により前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 4】 前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを接着する前に、前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分、もしくは、第 2 の基板の、前記不要部分に対向する領域に接着性の低い層を形成しておき、この低接着層により前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 5】 前記第 1 の基板の除去される領域と残される領域との境界をダイシングにより切断して第 1 の基板の不要部分を除去することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 6】 透光性を有する基板の上に光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる光導波路領域を設けて第 1 の基板を形成し、十分な透光性を有しない第 2 の基板に前記第 1 の基板を接着した後、

前記透光性を有する基板を除去することを特徴とする光導波路装置の製造方法

【請求項 7】 透光性を有する基板の上に光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる光導波路領域を設けて第 1 の基板を形成し、機能部位を有すると共に十分な透光性を有しない第 2 の基板に前記第 1 の基板をほぼ全面にわたって接着して前記機能部位の少なくとも一部を第 1 の基板の光導波路領域外に対向させた後、

前記透光性を有する基板を除去する工程と、前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去する工程とを行うことを特徴とする光導波路装置の製造方法

【請求項 8】 前記透光性を有する基板を剥離させることにより除去することを特徴とする、請求項 6 又は 7 に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 9】 光硬化型樹脂にスタンプを押圧させてスタンプの型を光硬化型樹脂に転写させ、光硬化型樹脂に光を照射して硬化させることにより前記光導波路領域を形成する工程を有することを特徴とする、請求項 6 又は 7 に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 10】 前記透光性を有する基板を除去した後、前記コアを分断するようにして第 1 の基板に溝を形成し、当該溝にフィルタを挿入したことを特徴とする、請求項 6 又は 7 に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 11】 前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを前記クラッドと屈折率がほぼ等しい接着樹脂により接着させたことを特徴とする、請求項 1、6 又は 7 に記載の光導波路装置の製造方法。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 に記載した光導波路装置の製造方法により製造された光導波路装置。

【請求項 13】 前記コアの断面が略台形状をしていることを特徴とする、請求項 12 に記載の光導波路装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 2 又は 1 3 に記載した光導波路装置を用いた光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、コア内で光を透過伝搬する光導波路に、光ファイバや投光素子、受光素子などを実装するための光ファイバガイドや光学素子設置部、並びに光変調機能を付加した光導波路装置と、その光導波路装置の製造方法と、その光導波路装置を用いた光通信装置に関する。

【0 0 0 2】

【背景技術】

光通信に用いられる光ファイバケーブルの接続部や末端部では、他の光ファイバケーブルや投光素子、受光素子と接続するために光導波路装置が用いられている。近年、高速で大容量のデータを伝送できる光通信の利用が進んでおり、より安価で大量生産に適した光導波路装置の製造が望まれている。

【0 0 0 3】

図 1 は、従来から用いられている光導波路装置 1 の概略斜視図である。この光導波路装置 1 は、図 2 に示すように、光導波路 6 と支持基板 7 から構成されており、支持基板 7 の光導波路設置部 1 2 に光導波路 6 を乗せ、支持基板 7 上で光導波路のコア 4 と光ファイバ、投光素子 8、受光素子 1 0 等を接続して使用することができる。

【0 0 0 4】

光導波路 6 は、基板 2 と、内部で光を透過伝搬させるコア 4、コア 4 を囲む下部クラッド層 3 及び上部クラッド層 5、及び、フィルタ 1 3 d から構成されている。コア 4、下部クラッド層 3、上部クラッド層 5 は比較的屈折率の大きな樹脂やガラスなどの物質により形成されている。また、コア 4 内で光を閉じ込めて伝搬するために、コア 4 の屈折率は下部クラッド層 3 及び上部クラッド層 5 の屈折率と比較して大きくなければならない。フィルタ 1 3 d は特定の波長の光のみを透過し、特定の波長以外の波長の光を反射する特性をもつ光学素子であり、光導

波路 6 にコア 4 をコア 4 a とコア 4 b、4 c に分断するように形成されたフィルタ設置溝 1 3 c に設置して使用する。

【 0 0 0 5 】

シリコン基板 1 1 をエッチングして成型した支持基板 7 には、光ファイバを位置合わせして設置するための断面 V 溝状の光ファイバガイド 9 と、光導波路 6 を乗せるための光導波路設置部 1 2 が形成されている。支持基板 7 には、半導体レーザー (LD) や発光ダイオード (LED) などの投光素子 8 や、受光素子 1 0 をコア 4 の端面と光軸を合わせて設置する。また、支持基板 7 上には、投光素子 8 や受光素子 1 0 を通電するための配線やワイヤボンダッド 1 3 a、1 3 b が形成されている。

【 0 0 0 6 】

従来、このような光導波路装置 1 を製造するには、光導波路 6 と支持基板 7 とを個別に製造し、光導波路 6 と支持基板 7 を一つ一つ接着樹脂で接合させて光導波路装置 1 を製作していたので、製造工程が煩雑になり、製造工程に時間やコストが掛かり、効率よく大量生産することができなかった。また、個々の光導波路 6 や支持基板 7 は微小な部品であるため、光導波路 6 及び支持基板 7 を精度良く位置合わせして光導波路装置 1 を組み立てるのに時間やコストがかかり、最終的な生産効率を向上させることが困難であった。

【 0 0 0 7 】

一方、光導波路 6 と支持基板 7 をそれぞれウエハないし親基板上に複数個形成しておき、両ウエハないし親基板を接合させた後、その接合体を個々の光導波路装置に切り離すようにすれば、生産効率は向上する。しかし、支持基板 7 に投光素子 8 や受光素子 1 0 を実装するためのパッド部や光ファイバガイド 9 を設けられた光導波路装置 1 では、最終的にパッド部に投光素子や受光素子を実装し、また光ファイバガイド 9 に光ファイバを固定しなければならないので、パッド部や光ファイバガイド 9 を露出させておく必要がある。よって、光導波路 6 と支持基板 7 をそれぞれウエハないし親基板上に複数個形成しておき、両ウエハないし親基板を全面接着する方法では、光ファイバガイド 9 やパッド部を露出させることが困難であり、光ファイバガイド 9 やパッド部を有する光導波路装置では、この

ような製造方法は実現性が低かった。

【 0 0 0 8 】

【発明の開示】

本発明は上述の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、光導波路装置の製造工程を簡略化し、また大量生産に適した光導波路装置の製造方法を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

請求項 1 に記載の光導波路装置の製造方法は、光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる光導波路領域を有する第 1 の基板と、機能部位を有する第 2 の基板とをほぼ全面にわたって接着して前記機能部位の少なくとも一部を第 1 の基板の光導波路領域外に対向させた後、前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去することを特徴としている。ここで、第 2 の基板に設けられた機能部位とは、投光素子や受光素子、光ファイバ等の素子又は部品を実装するための素子実装用ベンチや光ファイバガイド、ヒータや電極を形成した光変調機能に関する部位である。また、前記光導波路領域には、コアを透過伝搬する光に影響を与えるためのフィルタ、ヒータ素子などを含んでいてもよい。さらに、当該光導波路領域は第 1 の基板の全体に設けられていてもよく、第 1 の基板の一部に設けられていてもよく、あるいは光導波路領域が第 1 の基板そのものであってもよい。

【 0 0 1 0 】

請求項 1 に記載した光導波路装置の製造方法によれば、第 1 の基板と第 2 の基板とをほぼ全面にわたって接着してあっても、第 1 の基板のうち、機能部位が形成された領域と対向する不要部分を除去することにより、第 2 の基板の機能部位を露出させ、機能部位に所定の素子又は部品を実装することができる。従って、第 1 の基板と第 2 の基板とを接着する際に、第 1 の基板の不要部分を除いて所定のパターンに接着樹脂を塗布する必要が無く、第 1 及び第 2 の基板の接着工程を簡略にすることができ、ひいては光導波路装置の製造工程を簡略化することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 に記載の光導波路の製造方法は、光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる複数の光導波路領域を有する第 1 の基板と、複数の機能部位を有する第 2 の基板とをほぼ全面にわたって接着して前記機能部位のそれぞれの少なくとも一部を第 1 の基板の各光導波路領域外に対向させた後、前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去すると共に第 1 及び第 2 の基板を光導波路領域及び機能部位を含む個々の光導波路装置に分離することを特徴としている。

【 0 0 1 2 】

請求項 2 に記載した光導波路の製造方法によれば、親基板である第 1 の基板と親基板である第 2 の基板から複数の光導波路装置を同時に製作する場合でも、親基板である第 1 の基板と親基板である第 2 の基板をほぼ全面接着した後、第 1 の基板の不要部分を除去して機能部位を露出させることができると共に個々の光導波路装置に切り離すことができる。よって、親基板である第 1 の基板と第 2 の基板を個々に切り離した後、切り離された第 1 の基板と第 2 の基板をひとつひとつ接着する場合に比較して、光導波路装置の製造工程が極めて簡略化され、量産性を向上させることができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 3 に記載の光導波路装置の製造方法は、請求項 1 又は 2 において、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを接着する際、前記機能部位を形成された領域において第 1 の基板と第 2 の基板との間に接着樹脂の未硬化層を残しておき、この未硬化層により前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去することを特徴としている。第 1 の基板と第 2 の基板との間に接着樹脂の未硬化層を残すためには、例えば紫外線硬化型などの光硬化型接着樹脂などを第 1 及び第 2 の基板間に塗布した後、未硬化層のまま残そうとする領域をマスクで覆って接着樹脂に光や電子線を照射して接着樹脂を部分的に硬化させればよい。

【 0 0 1 4 】

請求項 3 に記載の光導波路装置の製造方法では、第 1 の基板と第 2 の基板を接着樹脂で接着する際、この接着樹脂を部分的に硬化させることにより、第 1 の基板の不要部分に対応する領域では接着樹脂を未硬化のまま残しているため、第 1

の基板の不要部分の周囲を切断するだけで、機能部位を傷めることなく、簡単に不要部分を除去して機能部位を露出させることができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に記載の光導波路装置の製造方法は、請求項 1 又は 2 において、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを接着する前に、前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分、もしくは、第 2 の基板の、前記不要部分に対向する領域に接着性の低い層を形成しておき、この低接着層により前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去することを特徴としている。ここで、低接着層としては、特に限定されるものではなく、Ni や Au 等の金属膜、SiO₂ 等の酸化膜、PTFE 等のフッ素系樹脂など、使用する接着樹脂により接着されにくい材質の層や基板との密着性が悪い層、互いに密着性の悪い層を積層するものでもよい。

【 0 0 1 6 】

請求項 4 に記載の光導波路装置の製造方法では、第 1 の基板と第 2 の基板を接着樹脂で接着する前に、第 1 の基板の不要部分に相当する箇所で第 1 の基板又は第 2 の基板に低接着層を形成しているので、第 1 の基板の不要部分の周囲を切断するだけで、機能部位を傷めることなく、簡単に不要部分を除去して機能部位を露出させることができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 5 に記載の光導波路装置の製造方法は、請求項 1 又は 2 において、前記第 1 の基板の除去される領域と残される領域との境界をダイシングにより切断して第 1 の基板の不要部分を除去するので、第 1 の基板の不要部分を容易に除去することができる。特に、請求項 2 のように複数の光導波路装置を同時に製造する場合には、第 1 の基板の不要部分を除去する工程と、第 1 及び第 2 の基板を個々の光導波路装置に分離する工程とを一度に行うことができ、光導波路装置の製造工程をより簡略化することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 6 に記載の光導波路装置の製造方法は、透光性を有する基板の上に光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる光導波路領域を設けて第 1 の基板を形成し、十分な透光性を有しない第 2 の基板に前記第 1 の基板を接着し

た後、前記透光性を有する基板を除去することを特徴としている。請求項 6 に記載した光導波路装置によれば、透光性を有する基板を除去するようにしているので、光導波路装置を薄型化することができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 7 に記載の光導波路装置の製造方法は、透光性を有する基板の上に光を透過伝搬させるコア及びコアを囲むクラッドからなる光導波路領域を設けて第 1 の基板を形成し、機能部位を有すると共に十分な透光性を有しない第 2 の基板に前記第 1 の基板をほぼ全面にわたって接着して前記機能部位の少なくとも一部を第 1 の基板の光導波路領域外に対向させた後、前記透光性を有する基板を除去する工程と、前記機能部位に対向する第 1 の基板の不要部分を除去する工程とを行うことを特徴としている。

【 0 0 2 0 】

請求項 7 に記載した光導波路装置の製造方法によれば、第 1 の基板と第 2 の基板とをほぼ全面にわたって接着してあっても、第 1 の基板のうち、機能部位が形成された領域と対向する不要部分を除去することにより、第 2 の基板の機能部位を露出させ、機能部位に所定の素子又は部品を実装することができる。従って、第 1 の基板と第 2 の基板とを接着する際に、第 1 の基板の不要部分を除いて所定のパターンに接着樹脂を塗布する必要が無く、第 1 及び第 2 の基板の接着工程を簡略にすることができ、ひいては光導波路装置の製造工程を簡略化することができる。さらに、請求項 7 に記載した光導波路装置によれば、透光性を有する基板を除去するようにしているので、光導波路装置を薄型化することができる。

【 0 0 2 1 】

請求項 8 に記載の光導波路装置の製造方法は、請求項 6 又は 7 における前記透光性を有する基板が剥離によって除去されることを特徴としている。請求項 8 によれば、前記透光性を有する基板を剥離させることにより除去するので、透光性を有する基板を再使用することができ、製造コストをローコスト化することができる。

【 0 0 2 2 】

請求項 9 に記載の光導波路装置の製造方法は、請求項 6 又は 7 において、光硬

化型樹脂にスタンプを押圧させてスタンプの型を光硬化型樹脂に転写させ、光硬化型樹脂に光を照射して硬化させることにより前記光導波路領域を形成する工程を有することを特徴としている。請求項 9 によれば、熱硬化型樹脂を使うときに必要な加熱に掛かる時間が不要となり、微細なコアを有する光導波路領域の量産性を高めることができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 10 に記載の光導波路装置の製造方法は、請求項 6 又は 7 において、前記透光性を有する基板を除去した後、前記コアを分断するようにして第 1 の基板に溝を形成し、当該溝にフィルタを挿入することを特徴としている。請求項 10 によれば、余分な基板を除去した後でフィルタ用の溝を設けているので、透光性を有する基板にフィルタ用の溝を設ける必要が無く、ダイシングブレードなどで溝を設ける際に透光性を有する基板によってブレードが割れるのを防止できる。また、クラッド等に溝を設けるだけで良いので、より細い溝を形成することが可能になる。

【 0 0 2 4 】

請求項 11 に記載の光導波路装置の製造方法は、請求項 1、6 又は 7 において、前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを前記クラッドと屈折率がほぼ等しい接着樹脂により接着させている。請求項 11 に記載の光導波路装置の製造方法では、コアとクラッドを有する第 1 の基板を当該クラッドと屈折率がほぼ等しい接着樹脂によって第 2 の基板と接着させているので、光導波路装置の完成後には、当該接着樹脂はクラッドとして機能する。

【 0 0 2 5 】

また、本発明にかかる光導波路装置の製造方法によれば、光導波路装置を製作することができる。このような光導波路装置においては、コアの断面を略台形状にしておけば、コア溝を成型する際の離型性を良好にすることができる。さらに、本発明にかかる製造方法により製造された光導波路装置は、光通信用装置に用いることができる。

【 0 0 2 6 】

なお、以上説明した本発明の構成要素は、可能な限り任意に組み合わせること

ができる。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

（第 1 の実施形態）

図 3、図 4 は、本発明の一実施形態である光導波路装置 1 4 a の概略斜視図及び概略分解斜視図である。本発明の光導波路装置 1 4 a は、実装用基板 1 6 と光導波路基板 1 5 とから構成されている。光導波路基板 1 5 は、カバーガラス 1 7、高屈折率の光学材料からなる下部クラッド層 1 8、下部クラッド層 1 8 より高屈折率の光学材料からなり、内部で光を透過伝搬させるコア 1 9 a、1 9 b、1 9 c、フィルタ 2 9、下部クラッド層 1 8 と同じ光学材料からなる上部クラッド層 2 0 から構成されている。フィルタ 2 9 は特定の波長域の光のみを透過させ、特定の波長域以外の光を反射させる特徴を有する光学素子であってフィルタ設置溝 3 1 の内部に設置されている。下部クラッド層 1 8 内に埋め込まれているコア 1 9 a 及びコア 1 9 b は一直線状に並んでおり、両コア 1 9 a、1 9 b 間を仕切るようにして、且つ、その光軸に対して 4 5 度の傾きを持たせてフィルタ設置溝 3 1 内にフィルタ 2 9 が挿入され、フィルタ 2 9 の側面には、両コア 1 9 a、1 9 b の光軸に対して 9 0 度の角度を持つようにしてコア 1 9 c が配置されている。

【 0 0 2 8 】

実装用基板 1 6 においては、支持基板 2 1 の表面に上記光導波路基板 1 5 を積層するための導波路固定領域 3 0 が形成され、その周囲には V 溝状の光ファイバガイド 2 3 a、凹状をした光学素子設置部 2 4 a、2 4 b が設けられている。また、支持基板 2 1 の上面は、導波路固定領域 3 0 を除く全面が、Ni や Au 等の金属薄膜 2 2 によって覆われている。なお、支持基板 2 1 がシリコン基板である場合には、支持基板 2 1 の表面を酸化させて SiO₂ 膜を形成した上から金属薄膜 2 2 を形成してもよい。各光学素子設置部 2 4 a、2 4 b 内には、受光素子や投光素子を実装するための素子実装用ベンチ（電極パッド）3 3 a、3 3 b が形成されている。

【 0 0 2 9 】

図3のように組み立てられた光導波路装置14aにおいては、上記光導波路基板15は、上下反転された状態で設置されており、光ファイバガイド23a及び素子実装用ベンチ33a、33bは光導波路基板15から露出している。

【0030】

図5は上記光導波路装置14aに投光素子28と受光素子27を実装し、光ファイバ26をつないで光トランシーバを構成した状態を示す平面図である。光学素子設置部24a、24b内の素子実装用ベンチ33a、33bには、下面電極をダイボンドすることにより、それぞれ受光素子27と投光素子28が実装されており、受光素子27はコア19cの端面に対向し、投光素子28はコア19bの端面に対向している。また、投光素子28及び受光素子27の上面電極はボンディングワイヤで回路基板などに接続される。なお、この状態では、素子実装用ベンチ33aと素子実装用ベンチ33bは金属薄膜22を通じて電氣的に導通しているが、素子実装用ベンチ33a、33b側がアース電極となっていれば問題ない。もし、素子実装用ベンチ33aと素子実装用ベンチ33bが導通していることが不都合であれば、素子実装用ベンチ33aと素子実装用ベンチ33bの間で金属薄膜22をダイシングブレードによりカットして電氣的に分離させればよい。光ファイバ26は、光ファイバガイド23aに納めて位置決めした状態で接着剤により固定されており、それによってコア19aの光軸と光ファイバ26の光軸が自動的に調芯されている。

【0031】

この光導波路装置14aにおいてフィルタ29は、投光素子28から出射される波長の光を透過し、光ファイバ26から出射される波長の光を反射する特性のものを用いている。しかして、投光素子28からコア19bに光（送信信号）を照射すると、光はコア19bの内部を伝搬し、フィルタ29を透過してコア19aの内部を伝搬し、光ファイバ26に入射して光ファイバ26内を送信される。また、光ファイバ26を伝搬してきた光（受信信号）は、コア19aに入射して、フィルタ29で反射し、コア19cを伝搬して受光素子27に受信される。このようにして光導波路装置14aは、光ファイバを通じてつながっている外部の他の装置と信号の送受信を行うことができる。

【 0 0 3 2 】

上記のように本発明の光導波路装置 1 4 a は、信号の送受信を行うための光トランシーバーとして利用することができ、例えばインターネットに接続されたパーソナルコンピュータのように外部からの信号を受信し、また、外部に向けて信号を発振する装置の内部で用いられる。

【 0 0 3 3 】

以下に、図 6 ～ 図 1 3 を用いて本発明の光導波路装置 1 4 a の製造方法を説明する。まず、支持基板 2 1 の親基板であるシリコン基板（ウエハ） 2 1 a の表面をエッチングし、図 6 に示すように導波路固定領域 3 0、光学素子設置部 2 4 a、2 4 b、光ファイバガイド 2 3 a を複数組形成する。図 6 のシリコン基板 2 1 a を用いれば一度に 4 個の実装用基板 1 6 を製造できるが、より大面積のシリコン基板 2 1 a を用いれば、実装用基板 1 6 ひいては光導波路装置 1 4 a の大量生産が可能になる。

【 0 0 3 4 】

次に、図 7 に示すようにシリコン基板 2 1 a の表面のうち導波路固定領域 3 0 以外の領域に N i や A u 等の金属を蒸着またはスパッタリングして金属薄膜 2 2 を形成する。さらに、光学素子設置部 2 4 a、2 4 b において、金属薄膜 2 2 の上にそれぞれ素子実装用ベンチ 3 3 a、3 3 b を電極材料によって形成する。以下、金属薄膜 2 2 が形成されたシリコン基板 2 1 a をベース基板 1 6 a という。

【 0 0 3 5 】

一方、上記のシリコン基板 2 1 a と同面積以上のガラス基板 1 7 a を用いて、図 8 に示す下部クラッド層 1 8、コア 1 9 c、1 9 d からなる光導波路基板 1 5 の親基板（光導波路親基板 1 5 a）を複製法（スタンパ法）で形成する。ガラス基板（ウエハ） 1 7 a は、光導波路装置 1 4 a のカバーガラス 1 7 の親基板である。

【 0 0 3 6 】

ここで、紫外線硬化樹脂を用いた複製法（スタンパ法）について、図 9 を用いて簡単に説明する。図 9（a）（b）（c）（d）は、図 8 の A - A' 線断面に相当する面を示している。まず、図 9（a）に示すように、ガラス基板 1 7 a 上

に未硬化の紫外線硬化樹脂（下部クラッド樹脂）18aを滴下し、表面にコア19c、19dと同じ形状のパターンを有するスタンプ（型）34aで押圧してコア溝35を形成した後、紫外線を照射して紫外線硬化樹脂18aを硬化させ、図9（b）に示すようにコア溝35を有する下部クラッド層18を成型する。

【0037】

次に、下部クラッド層18に成型されたコア溝35の内部に下部クラッド層18よりも屈折率の大きな未硬化の紫外線硬化樹脂（コア樹脂）19eを注入して表面が平らになるよう、また、コア溝35から溢れ出た紫外線硬化樹脂19eによって下部クラッド層18表面に形成されるバリの厚みを薄くするためにスタンプ34bで押圧し、紫外線を照射して紫外線硬化樹脂19eを硬化させて、コア溝35内に図9（d）に示すようなコア19c、19dを形成する。

【0038】

次に、図10に示すように、光導波路親基板15a表面に、未硬化の樹脂20aを滴下し、樹脂20aによって光導波路親基板15aとベース基板16aとを接着する。なお、樹脂20aは硬化すると上部クラッド層20となるために、下部クラッド層18と同じ紫外線硬化樹脂であるか、下部クラッド層18と同程度の屈折率を有する樹脂であることが望ましく、少なくともコア19c、19dよりも屈折率が小さくなくてはならない。

【0039】

ベース基板16aと光導波路親基板15aとを接着するときには、光ファイバガイド23aや光学素子設置部24a、24bとコア19c、19dを精密に位置合わせをしておく必要がある。そのためには、光導波路親基板15aとベース基板16aに設けたアライメントマークにより精度良く位置合せを行って光導波路親基板15aとベース基板16aを接着すればよい。大面積のベース基板16aと大面積の光導波路親基板15aとで位置合わせを行えば、個々の部品どうしを位置合わせするような煩雑さがなく、一度に複数のコアとファイバガイド等との位置合わせを精度良く行えるため効率的である。

【0040】

次に、図11に示すようにベース基板16aを下に、光導波路親基板15aを

上にして置き、導波路固定領域30の縁を通過するようにして光導波路親基板15aにダイシングブレードで切り込みを入れて分離溝25a、25b、25cを形成する。なお、この分離溝25a、25b、25cの切り込み工程により、同時にコア19c、19dの端面が形成される。分離溝25a～25cによって分割された光導波路親基板15aのうち、ベース基板16aの表面に金属薄膜22が形成されている領域（導波路固定領域30の外側の領域）では、金属薄膜22と上部クラッド層20の界面での密着力が低いので、分割された光導波路親基板15aのうちから不要部分（導波路固定領域外に対応している領域）に力を加えると、この不要部分をベース基板16aから簡単に剥がすことができる。したがって、図11に斜線を施して示す、内部にコア19c、19dが形成されている領域のみを残し、ベース基板16aの光ファイバガイド23aや光学素子設置部24a、24b内の素子実装用ベンチ33a、33bを露出させることができる。ベース基板16a上に残っている光導波路親基板15aの外周面には、コア19c、19dの各端面が露出している。

【0041】

なお、上記のように光導波路親基板15aをダイシングして分離溝25a、25b、25cを形成する際、図11に示すように、分離溝25a、25b、25cが金属薄膜22より深くなるようにダイシングして金属薄膜を分断すれば、光学素子設置部24a、24bどうし（つまり、素子実装用ベンチ33a、33bどうし）を電氣的に絶縁させることができる。

【0042】

次に、図11のB-B'線、C-C'線に沿ってベース基板16aと光導波路親基板15aを切断し、図12に示すようなチップに分割し、実装用基板16の上に光導波路基板15を接合されたものを得る。このとき光導波路親基板15aの不要部分が残っているものについては、それを除去する。その後、図13に示すようにカバーガラス17及び下部クラッド層18にダイシングブレードで切り込みを入れ、フィルタ設置溝31を形成する。このとき、コア19dが分断されてコア19a、19bが形成される。最後に、フィルタ設置溝31のコア19aとコア19b間となる部分に、多層反射膜を用いたフィルタ29をはめ込めば、

図3に示す光導波路装置14aが完成する。なお、フィルタ29はカバーガラス17の上面から飛び出しているとしても良い。

【0043】

本実施形態の光導波路装置の製造方法では、大面積の光導波路親基板15aと、大面積のベース基板16aを上部クラッド層20で接着して、最終工程で光導波路装置14aの個別チップに分割するために、個々の光導波路基板15と、個々の実装用基板16とを貼り合わせるよりも効率よく光導波路装置14aを製造することができ、大量生産に適している。また、大面積のベース基板16aと大面積の光導波路親基板15aとで位置合わせを行うために、小さな部品どうして位置合わせをするよりも精度よく位置合わせをすることができる。

【0044】

また、このような光導波路装置14aでは、最終的には光ファイバガイド23aや光学素子設置部24a、24bを露出させる必要があるが、本発明の光導波路装置の製造方法では、光導波路親基板15aの不要部分にあたる領域では、ベース基板16a上に金属薄膜22を予め形成しておいて接着用の樹脂20a（上部クラッド層20）の接着力を弱くしているので、光導波路親基板15aとベース基板16aの全面を接着していても、光導波路親基板15aの不要部分を簡単に除去することができ、製造工程をさらに簡略化することができる。

【0045】

なお、上記実施形態では、導波路固定領域30は金属薄膜22から露出させているが、導波路固定領域30の表面にも金属薄膜22を成膜しておいてもよい。光導波路親基板15aの不要部分は力を加えることにより金属薄膜22から容易に除去できるが、コア19a、19b、19c等の形成されている光導波路基板15では、力を加えて剥がさない限り、支持基板21と接合状態を保たれるので差し支えない。

【0046】

（第2の実施形態）

図14は、本発明の別な実施形態による光導波路装置14bの概略斜視図である。本発明の光導波路装置14bは、支持基板21、素子実装用ベンチ33a、

33b、スペーサー32、上部クラッド層20、コア19a、19b、19c、フィルタ29、下部クラッド層18、カバーガラス17から構成されている。コア19a及び19bは、一直線上に並んでおり、コア19cは両コア19a、19bの光軸に対して90度の傾きを持つように配置されている。フィルタ29は特定の波長の光のみを透過し、特定の波長以外の波長の光は反射する特徴を有する光学素子であって、コア19aとコア19bを仕切るようにして、かつ、その光軸に対して45度の傾きを持たせて形成されたフィルタ設置溝31に挿入されている。

【0047】

支持基板21の表面には、光ファイバガイド23a、光学素子設置部24a、24b、及び、導波路固定領域30が掘り込まれている。V溝状の光ファイバガイド23aは、光ファイバを乗せるとコア19aの光軸と光ファイバの光軸が自動的に調芯されるように設計されている。凹状に形成された光学素子設置部24a、24bの内部に設けられている素子実装用ベンチ33a、33bには、コア19b、19cに接続する投光素子や受光素子を設置して、外部の電源と接続する。

【0048】

本発明の光導波路装置の製造方法は、第1の実施形態で説明した光導波路装置と製造工程の大部分が同じであるため、以下には第1の実施形態と異なる工程になる部分を中心に説明する。

【0049】

まず、図15に示すように導波路固定領域30、光学素子設置部24a、24b、光ファイバガイド23aをエッチングで形成したシリコン基板21bに、金属を堆積させてスペーサー32と素子実装用ベンチ33a、33bを形成し、これをベース基板16bとする。光導波路親基板15aは、図8に示したように、ガラス基板17aと下部クラッド層18、コア19c、19dからなり、第1の実施形態で説明したようにして複製法（スタンパ法）で形成されている。このベース基板16bと光導波路親基板15aとを、上部クラッド層20となる未硬化の紫外線硬化樹脂20aで接着する際、以下に説明するようにして、光導波路親

基板 15 a の不要部分にあたる領域では当該樹脂 20 a を未硬化のまま残し、残りの領域でのみ紫外線硬化樹脂 20 a を硬化させる。

【0050】

図 16 (a) はフィルタ設置溝 31 を形成する前の図 14 に示す光導波路装置 14 b の D-D' 線断面に相当する面を示し、図 16 (b) はフィルタ設置溝 31 を形成した後の図 14 に示す光導波路装置 14 b の D-D' 線断面に相当する面を示している。ベース基板 16 b と光導波路親基板 15 a を紫外線硬化樹脂 20 a で接着するとき、図 16 (a) に示すように、光学素子設置部 24 a、24 b 上や光ファイバガイド 23 a 上など上部クラッド層 20 が不要な部分を紫外線を透過しないマスク 36 a で覆っておけば、紫外線を照射したときに、必要部分の紫外線硬化樹脂 20 a (上部クラッド層 20) のみを硬化させることができる。

【0051】

次に、第 1 の実施形態で説明した製造工程と同じように、不要なガラス基板 17 a、下部クラッド層 18 をダイシングブレードで削り取り、同時にコア 19 c、19 d の端面を形成する。このときに、スペーサー 32 や支持基板 21 の一部を削りとってもかまわないが、必ずしも削り取る必要はない。

【0052】

ダイシングブレードの動作中には摩擦熱が発生するために、ダイシングブレードには冷却水をかけて冷却するが、この冷却水によって未硬化の紫外線硬化樹脂 20 a が洗い流されるため、ガラス基板 17 a や下部クラッド層 18 のうち切断された不要部分は簡単に除去できる。また、ダイシングブレードの冷却水だけでは未硬化の紫外線硬化樹脂 20 a を完全に洗い流せなかった場合には、溶剤を用いて完全に除去すればよい。この後、ダイシングブレードで個別の導波路チップに分断し、コア 19 d をコア 19 a とコア 19 b に分断するようなフィルタ設置溝 31 を形成してフィルタ 29 を設置すれば、図 16 (b) に示す光導波路装置 14 b が完成する。

【0053】

光導波路装置には必要のない部分であっても、大量生産や製造工程の簡略化を

図るために、光導波路装置の製造工程中でいったん光導波路親基板15aとベース基板16aが全面的に接着されてしまう。本発明の光導波路装置の製造方法では、紫外線硬化樹脂のように特定の条件を与えなければ硬化しない樹脂で上部クラッド層を形成し、不要になる部分を未硬化のまま残して、不要な部分を簡単に除去できるようにしている。

【0054】

また、本実施形態の光導波路装置14bの製造方法においては、ダイシングブレードでコアの端面を形成する工程で未硬化のまま残っている樹脂が洗い流されて、不要部分が除去されるために、不要な部分を除去するための工程を別に設ける必要が無く、製造工程を簡略化することができる。

【0055】

また、本発明の光導波路装置のベース基板16aにはスペーサー32が備わっているもので、スペーサー32によって上部クラッド層20の厚みを均一にすることができる。例えば、上部クラッド層20を形成するために滴下する樹脂20aの量や樹脂20aの粘度にバラツキがあっても、図16(b)に示すようにスペーサー32の上面の高さよりも下にコアが押し込まれることがないので、コア19a～19cの設置される高さにバラツキが生じにくくなり、コア19a～19cに接続する投光素子や受光素子、光ファイバとの光軸調整がより高い精度で行える。

【0056】

(第3の実施形態)

図17は、本発明のさらに別な実施形態による光導波路装置14cの概略斜視図である。本発明の光導波路装置14cは、支持基板21と、支持基板21の表面から裏面に貫通するスルーホール37の内部に形成された引き出し電極38と、引き出し電極38を覆う素子実装用ベンチ33a、33b、下部クラッド層18、下部クラッド層18の内部に形成されたコア19a～19c、フィルタ設置溝31に挿入されたフィルタ29、上部クラッド層20、及び、カバーガラス17から構成されている。支持基板21の表面の凹溝23dの内部には、光ファイバを設置するV溝状の光ファイバガイド23aが形成されている。

【0057】

本実施形態の光導波路装置14cの製造方法を以下に簡単に説明する。まず、図18(a)に示すようにガラス基板である支持基板21に凹溝23dと、スルーホール37をエッチング等で形成する。次に、図18(b)に示すように、スルーホール37の内部を導電性の高い物質で埋めるか、又はスルーホール37の内部に金属膜を形成して引き出し電極38を形成し、引き出し電極38を覆うように素子実装用ベンチ33a、33bを形成する。素子実装用ベンチ33a、33bは、金属の蒸着等で形成すると良い。

【0058】

次に、図18(c)に示すように、支持基板21の素子実装用ベンチ33a、33bを形成した面と反対側の面のうち、支持基板21上に下部クラッド層18、及び光ファイバガイド23aを形成しない領域を、紫外線を透過しないマスク36aで覆う。次に、支持基板21上に下部クラッド層18及び光ファイバガイド23aを形成するための紫外線硬化樹脂18aを滴下してコア19c、19d及び光ファイバガイド23aと同じパターンを有するスタンプ34aで押圧し、下面から紫外線を照射して紫外線硬化樹脂18aを硬化させ、コア溝35を備えた下部クラッド層18及び光ファイバガイド23aを形成する。このとき、マスク36aで覆われている部分の紫外線硬化樹脂18aは未硬化のまま残る。上記のように光ファイバガイド23aとコア溝35とを同時成型すれば、コアとコアに接続する光ファイバの光軸調整がより正確に行えるようになる。

【0059】

次に、光ファイバガイド23aが形成された部分を覆うようなマスク36bをマスク36aに重ね、図19(a)(b)に示すように下部クラッド層18を形成した紫外線硬化樹脂18aよりも屈折率の高い紫外線硬化樹脂を19eをコア溝35に注入して、平板状のスタンプ34bで押圧し、下面側から紫外線を照射して、コア19c、19dを形成する。このときに形成されるコア19c、19dは、第1の実施形態で説明し、図8で示したように垂直に交わるようなコアである。このときも、マスク36a、36bで覆われた部分の紫外線硬化樹脂は未硬化のまま残る。

【0060】

次に、図19(c)に示すように、コア19c、19d及び下部クラッド層18に下部クラッド層18と同じ種類の未硬化の紫外線硬化樹脂20aを滴下して図20(a)に示すようにカバーガラス17で押圧し、下面側から紫外線を照射する。このときに、支持基板21や素子実装用ベンチ33a、33b、光ファイバガイド23aの表面にも紫外線硬化樹脂20aが流れ落ちる恐れがあるが、これらの領域はマスク36a、36bで覆われているために、紫外線硬化樹脂20aが硬化する恐れはない。次に、ダイシングブレードで不要なカバーガラス17を削り落とし、同時にコア19c、19dの端面を形成すれば、未硬化の紫外線硬化樹脂20aはダイシングブレードの冷却水で洗い流され、図19(b)に示すように不要な部分を除去することができる。また、ダイシングブレードの冷却水で紫外線硬化樹脂20aを完全に洗い流すことができなかった場合には、さらに溶剤を用いて紫外線硬化樹脂20aを完全に除去すれば良い。なお、これらが親基板として複数個一度に形成されている場合には、ダイシングブレードで導波路チップに分断する。

【0061】

この後、ダイシングブレードでカバーガラス17、上部クラッド層20及び下部クラッド層18に切り込みを入れてコア19dをコア19aとコア19bに分断するようなフィルタ設置溝31を形成する。最後にフィルタ設置溝31のコア19aとコア19bの間にフィルタ29を設置すれば、図20(b)のように光導波路装置14cが完成する。

【0062】

光導波路装置には必要のない部分であっても、大量生産や製造工程の簡略化を図るために、光導波路装置の製造工程中でいったん形成されてしまう部分がある。本発明の光導波路装置の製造方法では、紫外線硬化樹脂のように特定の条件を与えなければ硬化しない樹脂で上部クラッド層を形成し、必要な部分と最終的に不要になる部分の境界部分を未硬化のまま残して、不要な部分を簡単に除去できるようにしている。

【0063】

また、本実施形態の光導波路装置の製造方法においては、ダイシングブレードでコアの端面を形成する工程で未硬化のまま残っている樹脂が洗い流されて、不要部分が除去されるために、不要な部分を除去するための工程を別に設ける必要が無く、製造工程を簡略化することができる。

【 0 0 6 4 】

(第 4 の実施形態)

図 2 1 は、本発明のさらに別な実施形態による光導波路装置 1 4 d の概略分解斜視図である。光導波路装置 1 4 d は、支持基板 2 1、下部クラッド層 1 8、コア 1 9 f、上部クラッド層 2 0、カバーガラス 1 7 から構成されている。ガラスよりなる支持基板 2 1 の表面には、コア 1 9 f の端面に接続する光ファイバを自動的に光軸調整して設置する光ファイバガイド 2 3 a ~ 2 3 c が形成されている。支持基板 2 1 をシリコン基板にする場合には、光ファイバガイド 2 3 a ~ 2 3 c はエッチング等で形成すると良い。また、支持基板 2 1 は透明樹脂を射出成型、スタンパ法、注型等で成型したものであっても良い。

【 0 0 6 5 】

本発明の光導波路装置 1 4 d は、第 3 の実施形態で示した光導波路装置の製造方法と同じ製造方法で製造することができ、図 2 2 に示すように下部クラッド層 1 8、コア 1 9 f、上部クラッド層 2 0 を形成する領域にのみ紫外線が照射されるようなマスク 3 6 a で支持基板 2 1 の下面を覆っておくと良い。

【 0 0 6 6 】

光導波路装置には必要のない部品部分であっても、大量生産や製造工程の簡略化を図るために、光導波路装置の製造工程中でいったん形成されてしまう部分がある。本発明の光導波路装置の製造方法では、紫外線硬化樹脂のように特定の条件を与えなければ硬化しない樹脂で上部クラッド層を形成し、必要な部分と最終的に不要になる部分の境界部分を未硬化のまま残して、不要な部分を簡単に除去できるようにしている。

【 0 0 6 7 】

(第 5 の実施形態)

図 2 3、図 2 4、図 2 5 は、本発明のさらに別な実施形態による光導波路装置

14e（光減衰器）の概略斜視図、概略分解斜視図、及び概略平面図である。本発明の光導波路装置14eは、ベースガラス39、ヒーター40a、40b、電極取り出しパッド41a、41b、上部クラッド層20、コア19g、19h、19i、19j、19k、下部クラッド層18、カバーガラス17から構成されている。

【0068】

本発明の光導波路装置14eのコア19g～19kは、光入射端では一本のコア19gであるが、途中で2本のコア19h、19iに分岐し、さらに合流して一本のコア19jになっている。ヒーター40a、40bは、コア19i、19h下方のベースガラス39の表面に設置されており、ヒーター40aでコア19iを加熱し、ヒーター40bでコア19hを加熱することができる。

【0069】

ヒーター40a又は40bの一方に通電して一方のコア19i又はコア19hを加熱すると、加熱されたコア19i又はコア19hの屈折率が小さくなり、そのコア19i又はコア19h内を通過する光の光路長が変化するので、コア19iを通過した光とコア19hを通過した光の位相が変化する。しかして、2本の分岐コア19i、19hの合流部では、位相の異なる2つの光が干渉し、その位相差に応じてコア19kから出力される光のパワーが変化する。よって、ヒーター40a又はヒーター40bに通電する電流値を制御してヒーター40a又はヒーター40bの発熱量を変化させることにより、出力される光の減衰量をコントロールすることができる。特に、モニター用のコア19jに対向させてモニター用の受光素子を設置しておき、この受光素子で受光量をモニターしながらヒーター40a及び40bに通電させる電流量をフィードバック制御することにより、コア19kから出力される光のパワーが一定になるようにオートパワーコントロールを行わせることができる。

【0070】

コア19jとコア19kとの最近接部では、コア19jとコア19kとが、波長の数倍程度の間隔で平行に形成されている。この程度に近接したコア間では、コア19jを伝搬する光のパワーをコア19kに移行させることができ、また、

平行な部分を適度な長さにすることによって、移行する光の割合を調整することができる。本実施形態の光導波路装置 1 4 e では、分岐コア 1 9 i、1 9 h の合流部から出てきた光のうち、9 5 % の光をコア 1 9 k に移行し、残りの 5 % の光をコア 1 9 j の光出射端から出射させる。コア 1 9 k は光ファイバや受光素子に接続するため、コア 1 9 k から出射される光を直接調べることはできないが、コア 1 9 j から出射された光をモニターすることによって、間接的にコア 1 9 k から出射される光の強度を見ることができる。

【 0 0 7 1 】

次に、本発明の光導波路装置 1 4 e の製造方法を説明する。まず、図 2 6 (a) に示すように、ガラス基板であるベースガラス 3 9 の表面に熱伝導性の高いチタン (T i) を蒸着又はスパッタリングして、チタン薄膜 4 0 c を形成し、チタン薄膜 4 0 c の上にアルミニウム (A l) を蒸着してアルミニウム薄膜 4 1 c を形成する。

【 0 0 7 2 】

次に、図 2 6 (b) に示すようにアルミニウム薄膜 4 1 c の一部をエッチングして電極取り出しパッド 4 1 a、4 1 b を成形し、さらに、図 2 6 (c) に示すように露出したチタン薄膜 4 0 c の一部をエッチングしてヒーター 4 0 a、4 0 b を成形する。

【 0 0 7 3 】

次に、図 2 6 (d) に示すように、第 1 の実施形態で説明した、樹脂を用いた複製法でカバーガラス 1 7 上に下部クラッド層 1 8 およびコア 1 9 g ~ 1 9 k を形成した光導波路基板 1 5 の下部クラッド層 1 8 の表面に、下部クラッド層 1 8 と同じか、同程度の屈折率を有する未硬化の紫外線硬化樹脂 2 0 a を滴下して、電極取り出しパッド 4 1 a、4 1 b とヒーター 4 0 a、4 0 b が形成されたベースガラス 3 9 を接着する。

【 0 0 7 4 】

このときに、図 2 7 (a) に示すように、上部クラッド層 2 0 を形成する必要のない部分を、カバーガラス 1 7 の下面からマスク 3 6 a で覆っておき、マスク 3 6 a の下方から紫外線を照射して紫外線硬化樹脂 2 0 a を硬化させて上部クラ

ッド層 20 を形成する。

【0075】

次に、ベースガラス 39 が下に、カバーガラス 17 が上になるように上下を逆さまにして、不要なカバーガラス 17 および下部クラッド層 18 をダイシングブレードで切り落とし、電極取り出しパッド 41 a、41 b を露出させれば、図 27 (b) に示す光導波路装置 14 e が完成する。切り落とされたカバーガラス 17 や下部クラッド層 18、および未硬化のまま残っていた樹脂 20 a は、ダイシングブレードの冷却水によって洗い流される。またダイシングブレードの冷却水で未硬化の樹脂 20 a を完全に洗い流せなかったときには、さらに溶剤を用いて洗い流すとよい。

(第 6 の実施形態)

図 28、図 29 は、本発明のさらに別な実施形態である光導波路装置 14 f の概略斜視図及び概略分解斜視図である。本発明の光導波路装置 14 f は、実装用基板 16 と光導波路基板 15 とから構成されており、図 3～図 5 等にした光導波路装置 14 a からカバーガラス 17 を除いた構造となっている。すなわち、光導波路基板 15 は、高屈折率の光学材料からなる下部クラッド層 18、下部クラッド層 18 より高屈折率の光学材料からなり、内部で光を透過伝搬させるコア 19 a、19 b、19 c、フィルタ 29、下部クラッド層 18 と同じ光学材料からなる上部クラッド層 20 から構成されている。フィルタ 29 は特定の波長域の光のみを透過させ、特定の波長域以外の光を反射させる特徴を有する光学素子であってフィルタ設置溝 31 の内部に設置されている。下部クラッド層 18 内に埋め込まれているコア 19 a 及びコア 19 b は一直線状に並んでおり、両コア 19 a、19 b 間を仕切るようにして、且つ、その光軸に対して 45 度の傾きを持たせてフィルタ設置溝 31 内にフィルタ 29 が挿入され、フィルタ 29 の側面には、両コア 19 a、19 b の光軸に対して 90 度の角度を持つようにしてコア 19 c が配置されている。

【0076】

実装用基板 16 においては、支持基板 21 の表面に上記光導波路基板 15 を積層するための導波路固定領域 30 が形成され、その周囲には V 溝状の光ファイバ

ガイド 2 3 a、凹状をした光学素子設置部 2 4 a、2 4 b が設けられている。また、支持基板 2 1 の上面は、導波路固定領域 3 0 を除く全面が、Ni や Au 等の金属薄膜 2 2 によって覆われている。なお、支持基板 2 1 はシリコン基板のように紫外線に対して不透明な材質で形成されており、シリコン基板である場合には、支持基板 2 1 の表面を酸化させて SiO_2 膜を形成した上から金属薄膜 2 2 を形成してもよい（以下においては、シリコン基板として述べる。）。各光学素子設置部 2 4 a、2 4 b 内には、受光素子や投光素子を実装するための素子実装用ベンチ（電極パッド）3 3 a、3 3 b が形成されている。

【0 0 7 7】

図 2 8 のように組み立てられた光導波路装置 1 4 f においては、上記光導波路基板 1 5 は、上下反転された状態で設置されており、光ファイバガイド 2 3 a 及び素子実装用ベンチ 3 3 a、3 3 b は光導波路基板 1 5 から露出している。

【0 0 7 8】

図 3 0 は上記光導波路装置 1 4 f に投光素子 2 8 と受光素子 2 7 を実装し、光ファイバ 2 6 をつないで光トランシーバを構成した状態を示す平面図である。光学素子設置部 2 4 a、2 4 b 内の素子実装用ベンチ 3 3 a、3 3 b には、下面電極をダイボンドすることにより、それぞれ受光素子 2 7 と投光素子 2 8 が実装されており、受光素子 2 7 はコア 1 9 c の端面に対向し、投光素子 2 8 はコア 1 9 b の端面に対向している。また、投光素子 2 8 及び受光素子 2 7 の上面電極はボンディングワイヤで回路基板などに接続される。なお、この状態では、素子実装用ベンチ 3 3 a と素子実装用ベンチ 3 3 b は金属薄膜 2 2 を通じて電氣的に導通しているが、素子実装用ベンチ 3 3 a、3 3 b 側がアース電極となっていれば問題ない。もし、素子実装用ベンチ 3 3 a と素子実装用ベンチ 3 3 b が導通していることが不都合であれば、素子実装用ベンチ 3 3 a と素子実装用ベンチ 3 3 b の間で金属薄膜 2 2 をダイシングブレードによりカットして電氣的に分離させればよい。光ファイバ 2 6 は、光ファイバガイド 2 3 a に納めて位置決めした状態で接着剤により固定されており、それによってコア 1 9 a の光軸と光ファイバ 2 6 の光軸が自動的に調芯されている。

【0 0 7 9】

この光導波路装置 14 f においてフィルタ 29 は、投光素子 28 から出射される波長の光を透過し、光ファイバ 26 から出射される波長の光を反射する特性のものを用いている。しかして、投光素子 28 からコア 19 b に光（送信信号）を照射すると、光はコア 19 b の内部を伝搬し、フィルタ 29 を透過してコア 19 a の内部を伝搬し、光ファイバ 26 に入射して光ファイバ 26 内を送信される。また、光ファイバ 26 を伝搬してきた光（受信信号）は、コア 19 a に入射して、フィルタ 29 で反射し、コア 19 c を伝搬して受光素子 27 に受信される。このようにして光導波路装置 14 f は、光ファイバを通じてつながっている外部の他の装置と信号の送受信を行うことができる。

【0080】

以下に、図 31～図 35 を用いて本発明の光導波路装置 14 f の製造方法を説明する。まず、図 31 に示すベース基板 16 a は、第 1 の実施形態において説明したような工程（図 6 及び図 7 の工程）を経て製作されたものである。用いられているシリコン基板 21 a の厚みは 500～1000 μm である。また、図 31 に示す光導波路親基板 15 a は、第 1 の実施形態において説明したような工程（図 8 及び図 9 の工程）を経てガラス基板 17 a の上に製作されたものである。ガラス基板 17 a は 500～1000 μm の厚みを有するものであり、下部クラッド層 18 は 20 μm 程度の厚みを有するものであり、コア 19 c、19 d の断面は 5 μm × 5 μm 程度である。このようにしてベース基板 16 a 及び光導波路親基板 15 a を製作した後、図 31 に示すように、光導波路親基板 15 a の表面に未硬化の紫外線硬化樹脂 20 a を滴下し、図 32 (a) に示すように紫外線硬化樹脂 20 a によって光導波路親基板 15 a とベース基板 16 a とを接着して一体化させる。なお、紫外線硬化樹脂 20 a は、導波路固定領域 30 内で硬化して厚み 20 μm 程度の上部クラッド層 20 となる。

【0081】

ベース基板 16 a と光導波路親基板 15 a とを接着するときには、光ファイバガイド 23 a や光学素子設置部 24 a、24 b とコア 19 c、19 d を精密に位置合わせをしておく必要がある。そのためには、光導波路親基板 15 a とベース基板 16 a に設けたアライメントマークにより精度良く位置合せを行って光導波

路親基板 15a とベース基板 16a を接着すればよい。大面積のベース基板 16a と大面積の光導波路親基板 15a とで位置合わせを行えば、個々の部品どうしを位置合わせするような煩雑さがなく、一度に複数のコアとファイバガイド等との位置合わせを精度良く行えるため効率的である。

【0082】

ベース基板 16a と光導波路親基板 15a を接着一体化した後、図 32 (b) に示すように、下部クラッド層 18 の上のガラス基板 17a を除去する。ガラス基板 17a を除去する方法としては、ガラス基板 17a に力を加えて下部クラッド層 18 から機械的に剥離させてもよく、エッチング等によってガラス基板 17a を溶解させて除去してもよい。ガラス基板 17a を剥離させる場合には、ガラス基板 17a と下部クラッド層 18 との間に密着性の低い材料を予め形成しておいても良いし、ガラス基板 17a に予め下部クラッド層 18 との密着性を低下させる処理を施しておいても良い。また、もともとガラス基板 17a と下部クラッド層 18 の密着性が悪く、密着性を向上させるために表面処理を行っている場合には、密着性向上のための条件を緩めてもよい。ガラス基板 17a をエッチング除去する場合には、下部クラッド層 18 をエッチングしないようなエッチャントを用いて選択的エッチングするのが望ましい。

【0083】

この後、図 33 に示すように、導波路固定領域 30 の縁を通過するようにして下部クラッド層 18 や上部クラッド層 20 にダイシングブレードで切り込みを入れて分離溝 25a、25b、25c を形成する。なお、この分離溝 25a、25b、25c の切り込み工程により、同時にコア 19c、19d の端面が形成される。分離溝 25a～25c によって分割された下部クラッド層 18 や上部クラッド層 20 のうち、ベース基板 16a の表面に金属薄膜 22 が形成されている領域（導波路固定領域 30 の外側の領域）では、金属薄膜 22 と上部クラッド層 20 の界面での密着力が低いので、下部クラッド層 18 や上部クラッド層 20 の不要部分（導波路固定領域外に対応している領域）に力を加えると、この不要部分をベース基板 16a から簡単に剥がすことができる。したがって、図 33 に斜線を施して示す、内部にコア 19c、19d が形成されている領域のみを残し、ベ

ス基板 16a の光ファイバガイド 23a や光学素子設置部 24a、24b 内の素子実装用ベンチ 33a、33b を露出させることができる。ベース基板 16a 上に残っている下部クラッド層 18 の外周面には、コア 19c、19d の各端面が露出している。

【0084】

なお、上記のように下部クラッド層 18 や上部クラッド層 20 をダイシングして分離溝 25a、25b、25c を形成する際、図 33 に示すように、分離溝 25a、25b、25c が金属薄膜 22 より深くなるようにダイシングして金属薄膜を分断すれば、光学素子設置部 24a、24b どうし（つまり、素子実装用ベンチ 33a、33b どうし）を電氣的に絶縁させることができる。

【0085】

次に、図 33 の E-E' 線、F-F' 線に沿って全体を切断し、図 34 に示すようなチップに分割し、実装用基板 16 の上に光導波路基板 15 を接合されたものを得る。このとき下部クラッド層 18 や上部クラッド層 20 の不要部分が残っているものについては、それを除去する。

【0086】

なお、ここではガラス基板 17a を除去した後に、ダイシングで分離溝 25a、25b、25c を形成したり、各チップに分割したりしたが、この順序は入れ替えてもよい。すなわち、ダイシングで分離溝 25a、25b、25c を形成したり、各チップに分割したりした後に、ガラス基板 17a を除去してもよい。また、ダイシングで分離溝 25a、25b、25c を形成したり、各チップに分割したりする工程と同時に、ガラス基板 17a を除去してもよい。もっとも、ガラス基板 17a を除去した後に、ダイシングで分離溝 25a、25b、25c を形成すると共に各チップに分割するようにすれば、ガラス基板 17a を再利用することができるので、製造コストをコストダウンさせることができる。

【0087】

その後、図 35 に示すように下部クラッド層 18 にダイシングブレードで切り込みを入れ、フィルタ設置溝 31 を形成する。このとき、コア 19d が分断されてコア 19a、19b が形成される。最後に、フィルタ設置溝 31 のコア 19a

とコア19b間となる部分に、多層反射膜を用いたフィルタ29をはめ込めば、図28に示す光導波路装置14fが完成する。なお、フィルタ29は下部クラッド層18の上面から飛び出しているとしても良い。

【0088】

本実施形態の光導波路装置の製造方法では、大面積の光導波路親基板15aと、大面積のベース基板16aを上部クラッド層20で接着して、最終工程で光導波路装置14fの個別チップに分割するために、個々の光導波路基板15と、個々の実装用基板16とを貼り合わせるよりも効率よく光導波路装置14fを製造することができ、大量生産に適している。また、大面積のベース基板16aと大面積の光導波路親基板15aとで位置合わせを行うために、小さな部品どうしで位置合わせをするよりも精度よく位置合わせをすることができる。

【0089】

また、このような光導波路装置14fでは、最終的には光ファイバガイド23aや光学素子設置部24a、24bを露出させる必要があるが、本発明の光導波路装置の製造方法では、光導波路親基板15aの不要部分にあたる領域では、ベース基板16a上に金属薄膜22を予め形成しておいて接着用の樹脂20a（上部クラッド層20）の接着力を弱くしているので、光導波路親基板15aとベース基板16aの全面を接着していても、下部クラッド層18や上部クラッド層20の不要部分を簡単に除去することができ、製造工程をさらに簡略化することができる。

【0090】

なお、上記実施形態では、導波路固定領域30は金属薄膜22から露出させているが、導波路固定領域30の表面にも金属薄膜22を成膜しておいてもよい。下部クラッド層18や上部クラッド層20の不要部分は力を加えることにより金属薄膜22から容易に除去できるが、コア19a、19b、19c等の形成されている光導波路基板15では、力を加えて剥がさない限り、支持基板21と接合状態を保たれるので差し支えない。

【0091】

また、この実施形態においては、ガラス基板17a又はカバーガラス17を最

最終的に除去するようにしているので、不透明な支持基板 21 の上にカバーガラス 17 を含まない導波路領域のみを形成することが可能になる。つまり、紫外線硬化樹脂を用いてクラッド等を形成する場合には、不透明な基板の上に紫外線硬化樹脂を塗布して金型などで押えたと、紫外線を照射できないので、導波路領域を形成することができないが、この実施形態のような方法によれば、不透明な基板の上にも導波路領域を形成することが可能になる。

【0092】

これにより余分なカバーガラス 17 がなくなるので、光導波路装置 14 f を薄型化することができる。また、フィルタ設置溝 31 を設ける場合には、フィルタ設置溝 31 を設ける前に予め余分なカバーガラス 17 を除去しておくことにより下部クラッド層 18 等の導波路領域のみをダイシング等によりカットすればよく、より幅の狭い溝を形成することが可能になる。つまり、カバーガラス 17 を付けたままでダイシングすると、細いダイシングブレード（例えば、 $50\mu\text{m}$ 程度以下の幅のブレード）ではブレードが割れてしまうので、ダイシングを行えないが、カバーガラス 17 を除去しておくことにより、このような制限が除かれる。さらに、剥離によってガラス基板 17 a を除去するようにすれば、ガラス基板 17 a の再使用ができ、製造コストをローコスト化することができる。

【0093】

図 36 は上記実施形態の変形例を示す概略断面図である。この変形例では、コア 19 a、19 b、19 c の断面は、上部クラッド層 20 又は支持基板 21 に近い側で幅が広く、上部クラッド層 20 又は支持基板 21 から遠い側で幅が狭くなっており、例えば断面台形となっている。コア 19 a、19 b、19 c の断面をこのような形状にしておけば、スタンプ 34 a で下部クラッド層 18 にコア溝 35 を形成する際（図 9 参照）、スタンプ 34 a を抜く方向でコア溝 35 が広がるので、スタンプ 34 a と下部クラッド層 18 との離型性を向上させることができる。

【0094】

（第 7 の実施形態）

第 2 の実施形態以降の光導波路装置についても、上記実施形態と同様にしてカ

カバーガラス 17 を除くことができる。図 37 は、図 21 に示した第 4 の実施形態と同様な構造の光導波路装置（光ファイバガイド付き 2 分岐カプラ）14 g を示す分解斜視図である。ただし、この光導波路装置 14 g では、光ファイバガイド 23 a ～ 23 c を有する支持基板 21 をシリコン基板のような不透明基板とし、コア 19 f を形成された下部クラッド層 18 を上部クラッド層 20 を介して支持基板 21 に接合させている。

【0095】

この実施形態にあっても、透明なカバーガラス 17 の上面に成形された下部クラッド層 18 のコア溝内にコア 19 f を充填し、この下部クラッド層 18 を紫外線硬化樹脂で支持基板 21 に接着し、図 22 と同様にして紫外線硬化樹脂に部分的に紫外線を照射して硬化した紫外線硬化樹脂で上部クラッド層 20 を成形し、下部クラッド層 18 及び上部クラッド層 20 の不要部分を除去する前もしくは後にカバーガラス 17 を除去し、光導波路装置 14 g を製作する。

【0096】

（第 8 の実施形態）

図 38、図 39、図 40 は、本発明のさらに別な実施形態による光導波路装置 14 h（光減衰器）の概略斜視図、概略分解斜視図、及び概略平面図である。この実施形態の光導波路装置 14 h は、図 23 ～ 図 25 に示した第 5 の実施形態による光導波路装置 14 e の構成からカバーガラス 17 を除いたものである。

【0097】

図 41（a）（b）及び図 42（a）（b）は、本発明の光導波路装置 14 h の製造方法を説明している。図 41（a）に示されている、下面にヒーター 40 a、40 b とパッド 41 a、41 b を形成された不透明なシリコン基板 39 a は、図 26（a）（b）（c）のような工程と同様な工程により製作されたものである。また、図 41（a）に示されている、光導波路基板 15 は、第 1 の実施形態と同様にして、樹脂を用いた複製法で透明なカバーガラス 17 上に下部クラッド層 18 およびコア 19 g ～ 19 k を形成したものである。図 41（a）に示すように、光導波路基板 15 の下部クラッド層 18 の表面に、下部クラッド層 18 と同じか、同程度の屈折率を有する未硬化の紫外線硬化樹脂 20 a を滴下して、

電極取り出しパッド41a、41bとヒーター40a、40bが形成されたシリコン基板39aを接着する。

【0098】

このときに、図41(b)に示すように、上部クラッド層20を形成する必要のない部分を、カバーガラス17の下面からマスク36aで覆っておき、マスク36aの下方から紫外線を照射して紫外線硬化樹脂20aを硬化させて上部クラッド層20を形成する。

【0099】

次に、図42(a)に示すように、シリコン基板39aが下に、カバーガラス17が上になるように上下を逆さまにしてカバーガラス17を除去する。この場合も、カバーガラス17を除去する方法としては、カバーガラス17に力を加えて下部クラッド層18から機械的に剥離させてもよく、エッチング等によってカバーガラス17を溶解させて除去してもよい。カバーガラス17を剥離させる場合には、カバーガラス17と下部クラッド層18との間に密着性の低い材料を予め形成しておいても良いし、カバーガラス17に予め下部クラッド層18との密着性を低下させる処理を施しておいても良い。また、もともとカバーガラス17と下部クラッド層18の密着性が悪く、密着性を向上させるために表面処理を行っている場合には、密着性向上のための条件を緩めてもよい。カバーガラス17をエッチング除去する場合には、下部クラッド層18をエッチングしないようなエッチャントを用いて選択的エッチングするのが望ましい。

【0100】

さらに、図42(b)に示すように、不要な下部クラッド層18をダイシングブレードで切り落とし、電極取り出しパッド41a、41bを露出させれば、図38に示した光導波路装置14hが完成する。切り落とされた下部クラッド層18、および未硬化のまま残っていた樹脂20aは、ダイシングブレードの冷却水によって洗い流される。またダイシングブレードの冷却水で未硬化の樹脂20aを完全に洗い流せなかったときには、さらに溶剤を用いて洗い流すとよい。

【0101】

(第9の実施形態)

図 4 3 は本発明のさらに別な実施形態による光導波路装置 1 4 i の構造を示す斜視図である。この光導波路装置 1 4 i における実装用基板 1 6 においては、シリコン基板等の不透明な支持基板 2 1 の上面に投光素子を実装するための光学素子設置部 2 4 b を設け、光学素子設置部 2 4 b の内部に素子実装用ベンチ 3 3 b を設け、光学素子設置部 2 4 b と対向させるようにして支持基板 2 1 の他端に V 溝状の光ファイバガイド 2 3 a を設け、光学素子設置部 2 4 b と光ファイバガイド 2 3 a との間に導波路固定領域 3 0 を凹設している。光導波路基板 1 5 は、下部クラッド層 1 8 の下面に直線状のコア 1 9 1 を埋め込み、下部クラッド層 1 8 の下面に上部クラッド層 2 0 を設けたものである。光導波路基板 1 5 は、上部クラッド層 2 0 を導波路固定領域 3 0 に埋め込むようにして実装用基板 1 6 の上に固定されている。尚、このような光導波路装置 1 4 i も、第 6 の実施例などと同じようにしてカバーガラス 1 7 を除去することによって製作されている。また、下部クラッド層 1 8 及び上部クラッド層 2 0 には、斜めにフィルタ設置溝 3 1 がダイシングによって切り込まれており、フィルタ設置溝 3 1 内には WDM フィルタ等のフィルタ 2 9 が挿入されている。

【 0 1 0 2 】

図 4 4 はこの光導波路装置 1 4 i を光トランシーバとして使用している様子を表している。投光素子 8 は光出射面をコア 1 9 1 の端面に対向させて素子実装用ベンチ 3 3 b の上に実装され、チップ型もしくはパッケージタイプの受光素子 1 0 は受光面を下に向けて下部クラッド層 1 8 の上面に固定され、光ファイバ 2 6 はコア 1 9 1 の端面に対向させて光ファイバガイド 2 3 a に固定されている。しかして、投光素子 8 から出射された光は、コア 1 9 1 内を伝搬してフィルタ 2 9 を透過し、光ファイバ 2 6 に入射する。また、光ファイバ 2 6 から出射された光は、コア 1 9 1 内を伝搬してフィルタ 2 9 で反射され、下部クラッド層 1 8 内を通過して受光素子 1 0 に受光される。

【 0 1 0 3 】

図 4 5 は上記光導波路装置 1 4 i と比較するための比較例である。この比較例による光導波路装置では、下部クラッド層 1 8 の上にカバーガラス 1 7 が残っており、カバーガラス 1 7 の上面に受光素子 1 0 が設けられている。この比較例で

は、下部クラッド層 1 8 の厚みが $20\ \mu\text{m}$ 程度であるのに対し、カバーガラス 1 7 の厚みは $500\sim 1000\ \mu\text{m}$ 程度あるので、フィルタ 2 9 による光の反射位置と受光素子 1 0 との距離が遠くなり、反射光が大きく広がってしまって受光素子 1 0 で受光できる光量が非常に少なくなり、受光感度が低下してしまう。

【0104】

これに対し、本発明実施形態の光導波路装置 1 4 i では、カバーガラス 1 7 が存在しない分だけフィルタ 2 9 による反射位置と受光素子 1 0 との距離を短くできるので、受光感度を向上させることができる。

【0105】

本発明にかかる光導波路装置 1 4 i と比較例とにおける受光量を比べると次のようになる。いま、下部クラッド層 1 8 の厚みが $20\ \mu\text{m}$ 、カバーガラス 1 7 の厚みが $1000\ \mu\text{m}$ ($=1\text{mm}$) とすると（例えば、フィルタの傾斜角度を 40° とする。）、下部クラッド層 1 8 のみの場合にはフィルタ 2 9 による反射点から受光素子までの距離は、 $20.3\ \mu\text{m}$ となり、カバーガラス 1 7 を備えている場合には、フィルタ 2 9 による反射点から受光素子までの距離は、 $1036\ \mu\text{m}$ となる。これより受光量の比は、約 $1/2601$ となる（また、カバーガラス 1 7 の厚みを $500\ \mu\text{m}$ とした場合には、約 $1/676$ となる。）よって、同じ受光量を得ようとすれば、カバーガラス 1 7 を備えている場合には、約 2600 倍の受光面積を有する受光素子が必要となり、受光素子 1 0 のコストが非常に高くなる。また、受光面積が大きくなると受光素子のキャパシタンスが大きくなり、受光面積と通信スピードは反比例するので、このように大面積の受光素子 1 0 を用いると高速通信が不可能になり、實際上使用できなくなる。

【0106】

なお、カバーガラス 1 7 を残したままでフィルタと受光素子との距離を短くする方法としては、図 4 6 (a) (b) に示ように、シリコン基板からなる支持基板 2 1 に導波路固定領域 3 0 を凹設しておき、光導波路基板 1 5 のカバーガラス 1 7 を下にし、導波路固定領域 3 0 内にカバーガラス 1 7 を納めることが考えられる。しかし、このような構造では、支持基板 2 1 にエッチングによってカバーガラス 1 7 の厚み ($500\sim 1000\ \mu\text{m}$) と同じ深さの導波路固定領域 3 0 を

設けなければならない。そのため、導波路固定領域30の深さの精度ばらつきが大き過ぎ、到底光ファイバのコアと導波路のコア191の高さを合わせることができない。

【0107】

例えば、エッチングレートが $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}/\text{m}$ のKOHで17～33時間シリコン基板をエッチングしたときのバラツキ量の平均的な値は、約±10%である。エッチング時のバラツキ量に正規分布を仮定し、その標準偏差を σ とすると、 $\pm 10\% \approx \pm 4\sigma$ であって、正規分布曲線の下面積の大部分を占めている。これに対し、バラツキ量を $\pm 1 \mu\text{m}$ に抑えようとする、正規分布では $\pm 1 \mu\text{m} = \pm 0.04\sigma$ の幅になり、正規分布曲線面積の約3.2%になってしまう。従って歩留まりが約1/30のなるので、コストは約30倍になる。よって、図46のような構造は実用性がない。

【0108】

(第10の実施形態)

図47は、本発明にかかる光減衰器129、133（例えば図23、図24に示したような光導波路装置）を用いた光合分波を行う装置を示す概略図である。分波器127及び合波器128は、波長の異なる複数の光信号を一本の光ファイバで伝送する波長多重（WDM）方式の光通信システムで用いられる装置である。分波器127は、一本の光ファイバ131によって伝送された光信号を波長毎に分波して、波長毎に異なる光ファイバに出力する装置である。また、合波器128は、複数の光ファイバによって入力された波長の異なる光信号を合波して、一本の光ファイバ132に出力する装置である。なお、光スイッチ110eとして本発明にかかる光導波路装置を用いても差し支えない。

【0109】

光スイッチ110e（2×2光スイッチ）は、コア内を伝搬する光の進行方向を切り換えて、選択した特定のコアからのみ光を出射できる光導波路装置である。また、光減衰器（VOA）129、133は、第5の実施形態に示したものである。各光スイッチ110eには、光入射端が2箇所設けられていて、一方は光ファイバ130aによって分波器127に接続されており、分波器127で分波

された波長 λ_1 、 λ_2 、…、 λ_N の光が入力されるようになっている。他方は分波器127に接続されていない光ファイバ130bによって伝送された光信号の入射端である。光ファイバ130bは分波器127以外の他の分波器に接続されていてもよい。

【0110】

また、光スイッチ110eには、光出射端が2箇所設けられていて、一方の光出射端は光ファイバ130cによって光減衰器（VOA）129を介して合波器128に接続されており、他方の光出射端は合波器128に接続されていない光ファイバ130dに接続されている。光ファイバ130dは合波器128以外の他の合波器に接続されていてもよい。

【0111】

しかして、この光合波分波器を用いた光通信システムにおいては、光ファイバ131及び光ファイバ132は例えば都市内ネットワークや都市間ネットワークにおける中継系ネットワーク回線を構成しており、波長多重信号を伝送している。いま、すべての光スイッチ110eが合波器128側に接続しているとすると、光ファイバ131からなる中継系ネットワーク回線を伝送されてきた波長多重信号は、分波器127により各波長 λ_1 、 λ_2 、…、 λ_N の信号に分波された後、各光スイッチ110eを合波器側へ通過し、光減衰器129によって各波長の信号のパワーを均一に揃えられた後、各波長 λ_1 、 λ_2 、… λ_N の信号は再び合波器128で合波され、さらに光減衰器133により波長多重信号全体のパワーが規定値となるように調整されて光ファイバ132からなる中継系ネットワーク回線へ送り出される。

【0112】

これに対し、例えば波長 λ_1 に対応する光スイッチ110eが合波器側と異なる側へ切り換えられると、分波器127で分波された信号のうち波長 λ_1 の信号だけが光ファイバ130dからなるアクセスネットワーク回線へ取り出される。また、光ファイバ130bからなるアクセスネットワーク回線から波長 λ_1 の信号が送り込まれていると、この他線からの波長 λ_1 の信号は光スイッチ110eによって合波器128へ送られ、光ファイバ131から送られてきた波長多重信

号に重畳させて光ファイバ132からなる中継系ネットワーク回線へ送り出される。

【0113】

光ネットワークシステムにおいては、各家庭内などのユーザーネットワークと中継系ネットワークとをアクセスネットワーク（加入者光ファイバ）で結ぶ必要があるが、アクセスネットワークとユーザーネットワークの間には光／電気変換を行うための回線終端装置（Optical Network Unit）が必要とされる。また、アクセスネットワークと中継系ネットワークとの間の交換局（電話事業者の設備センタ）では、光／電気変換を行うための回線終局装置（Optical Line Terminal）が必要とされる。

【0114】

図48は上記回線終端装置の構成を示すブロック図である。136はアクセスネットワークを構成する光ファイバであって、波長1550nmの光信号と波長1310nmの光信号を伝送する。光ファイバ136の端面に対向する位置には、WDM137が設けられており、WDM137は光ファイバ136から伝送されてきた波長1550nmの光信号を出力部から出力し、入力部から入力された波長1310nmの光信号を光ファイバ136に結合させる。

【0115】

WDM137の出力部から出力された波長1550nmの光信号は光／電気変換モジュール（PIN-AMPモジュール）138に入力される。光／電気変換モジュール138は、受光素子（フォトダイオード）139とプリアンプ140からなり、入力した光信号を受光素子139で受光することによって電気信号に変換し、プリアンプ140で増幅した後、データ処理回路141に入力させる。ついで、データ処理回路141で処理された電気信号は、回線終端装置に接続されている電話や家庭用機器のコントローラなどに送られる。

【0116】

一方、WDM137の入力部につながっている電気／光変換モジュール142は、発光素子（LD）143とモニター用受光素子144からなり、発光素子143は波長1310nmの光を出射するものであって、発光素子駆動回路145

によって駆動される。また、発光素子143から出射される光信号をモニター用受光素子144で受光することにより、発光素子143から出射される光信号のパワーが一定になるように出力をコントロールしている。しかして、電話や家庭用機器から送出された電気信号は、発光素子駆動回路145へ送られ、発光素子駆動回路145に入力された電気信号によって発光素子143を駆動することにより電気信号を光信号に変換し、WDM137を通して光ファイバ136へ送信する。

【0117】

このような回線終端装置においては、本発明にかかる光導波路装置を用いることにより回線終端装置を小型化することができる。例えば、図3以下に説明したような光導波路装置（光トランシーバ）14aにおけるフィルタ29とコア19a、19b、19cを上記WDM137として用い、光導波路装置14aに実装された受光素子27を上記光／電気変換モジュール138の受光素子139として用い、光導波路装置14aに実装された投光素子28を上記電気／光変換モジュール142の発光素子143として用いればよい。また、光導波路装置14aの支持基板21の上に上記プリアンプ140、データ処理回路141、モニター用受光素子144、発光素子駆動回路145等を実装することにより回線終端装置をワンチップ化することも可能になる。

【0118】

なお、ここでは回線終端装置（ONU）の場合について説明したが、回線終局装置（OLT）にも、同様に本発明の光導波路装置を用いることができる。

【0119】

【発明の効果】

本発明の光導波路装置の製造方法によれば、光導波路装置を大量生産する際に生じる不要な部分を簡単に除去することができ、また、不要な部分の除去には特別な工程を設ける必要がないため、製造工程を簡略化することができ、光導波路装置の製造にかかる時間を短縮し、製造コストを抑制することができる。

【0120】

また、本発明の別な光導波路装置の製造方法によれば、光導波路装置を薄型化

することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

従来の光導波路装置の概略斜視図を示している。

【図 2】

図 1 に示す光導波路装置の概略分解斜視図である。

【図 3】

本発明の一実施形態による光導波路装置の概略斜視図である。

【図 4】

図 3 に示す光導波路装置の概略分解図である。

【図 5】

図 3 の光導波路装置の使用態様を示す概略平面図である。

【図 6】

本発明の光導波路装置の製造方法を説明する図である。

【図 7】

図 6 の続図である。

【図 8】

図 7 の続図である。

【図 9】

(a) (b) (c) (d) は、図 8 の A - A' 断面に沿って、コアを製造するまでの工程を説明するための図である。

【図 1 0】

図 8 の続図である。

【図 1 1】

図 1 0 の続図である。

【図 1 2】

図 1 1 の続図である。

【図 1 3】

図 1 2 の続図である。

【図 1 4】

本発明のさらに別の実施形態による光導波路装置の概略斜視図である。

【図 1 5】

図 1 4 に示す光導波路装置を製造するために用いる支持基板の概略斜視図である。

【図 1 6】

(a) は、図 1 4 に示す光導波路装置の製造方法を説明する図であって図 1 4 の D-D' 断面に相当する面を示している。(b) は図 1 4 の D-D' 断面図である。

【図 1 7】

本発明のさらに別の実施形態による光導波路装置の概略斜視図である。

【図 1 8】

(a) (b) (c) は、図 1 7 に示す光導波路装置の製造工程を説明する図である。

【図 1 9】

(a) (b) (c) は、図 1 8 の続図である。

【図 2 0】

(a) (b) は図 1 9 の続図である。

【図 2 1】

本発明のさらに別の実施形態による光導波路装置の概略分解斜視図である。

【図 2 2】

図 2 1 に示す光導波路装置の製造方法を説明する図である。

【図 2 3】

本発明のさらに別の実施形態による光導波路装置の概略斜視図である。

【図 2 4】

図 2 3 に示す光導波路装置の概略分解図である。

【図 2 5】

図 2 3 に示す光導波路装置の概略平面図である。

【図 2 6】

(a) (b) (c) (d) は、図 2 3 に示す光導波路装置の製造工程を説明する図である。

【図 2 7】

(a) (b) は、2 6 の続図である。

【図 2 8】

本発明のさらに別な実施形態による光導波路装置の概略斜視図である。

【図 2 9】

図 2 8 に示す光導波路装置の概略分解斜視図である。

【図 3 0】

図 2 8 の光導波路装置の使用態様を示す概略平面図である。

【図 3 1】

図 2 8 の光導波路装置の製造方法を説明する斜視図である。

【図 3 2】

(a) (b) は図 3 1 の続図である。

【図 3 3】

図 3 2 の続図である。

【図 3 4】

図 3 3 の続図である。

【図 3 5】

図 3 4 の続図である。

【図 3 6】

本発明のさらに別な光導波路装置の概略断面図である。

【図 3 7】

本発明のさらに別な光導波路装置の分解斜視図である。

【図 3 8】

本発明のさらに別な光導波路装置の斜視図である。

【図 3 9】

図 3 8 の光導波路装置の分解斜視図である。

【図 4 0】

図 3 8 の光導波路装置の平面図である。

【図 4 1】

(a) (b) は図 3 8 の光導波路装置の製造方法を説明する概略断面図である。

【図 4 2】

(a) (b) は図 4 1 の続図である。

【図 4 3】

本発明のさらに別な光導波路装置の斜視図である。

【図 4 4】

図 4 3 の光導波路装置によって構成した光トランシーバの断面図である。

【図 4 5】

図 4 3 の光導波路装置との比較例を示す断面図である。

【図 4 6】

(a) (b) は別な比較例を示す概略断面図である。

【図 4 7】

本発明にかかる光導波路装置を用いた光通信用装置を説明する図である。

【図 4 8】

回線終端装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

1 4 a ～ 1 4 h 光導波路装置

1 7 カバー基板

1 7 a ガラス基板

1 8 下部クラッド層

1 9 a ～ 1 9 d コア

2 0 上部クラッド層

2 0 a 紫外線硬化樹脂

2 1 支持基板

2 2 金属薄膜

2 3 a ～ 2 3 c 光ファイバガイド

2 4 a、2 4 b 光学素子設置部

2 5 a～2 5 c 分離溝

2 6 光ファイバ

2 7 受光素子

2 8 投光素子

2 9 フィルタ

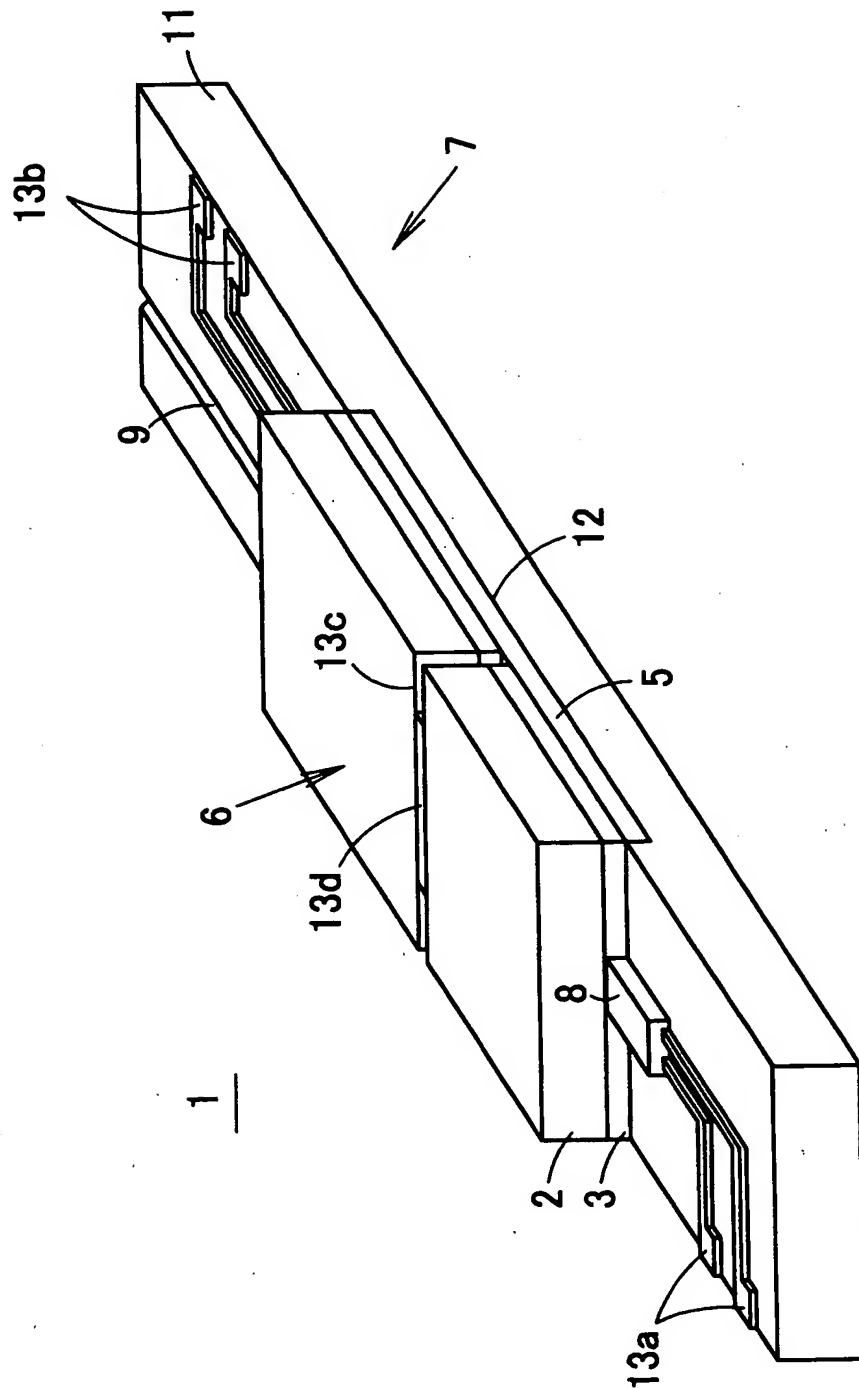
3 0 導波路固定領域

3 1 フィルタ設置溝

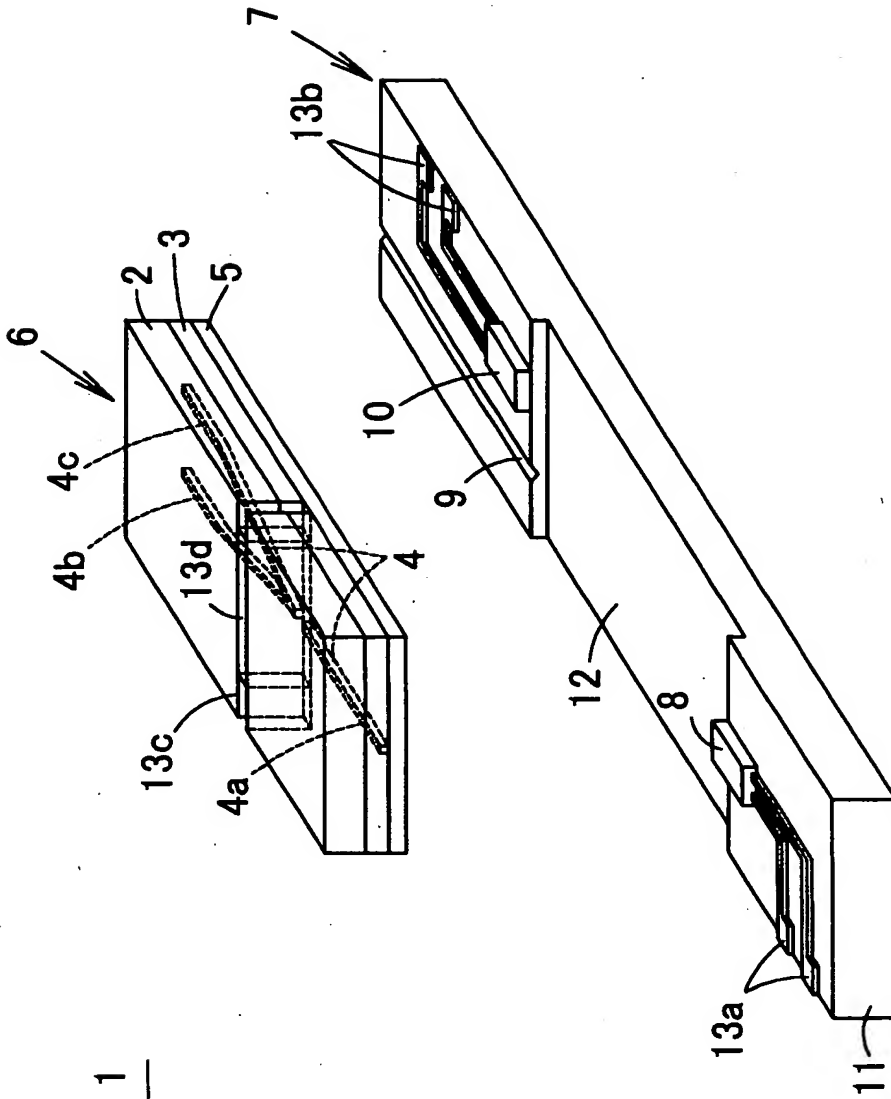
3 6 a、3 6 b マスク

【書類名】 図面

【図 1】

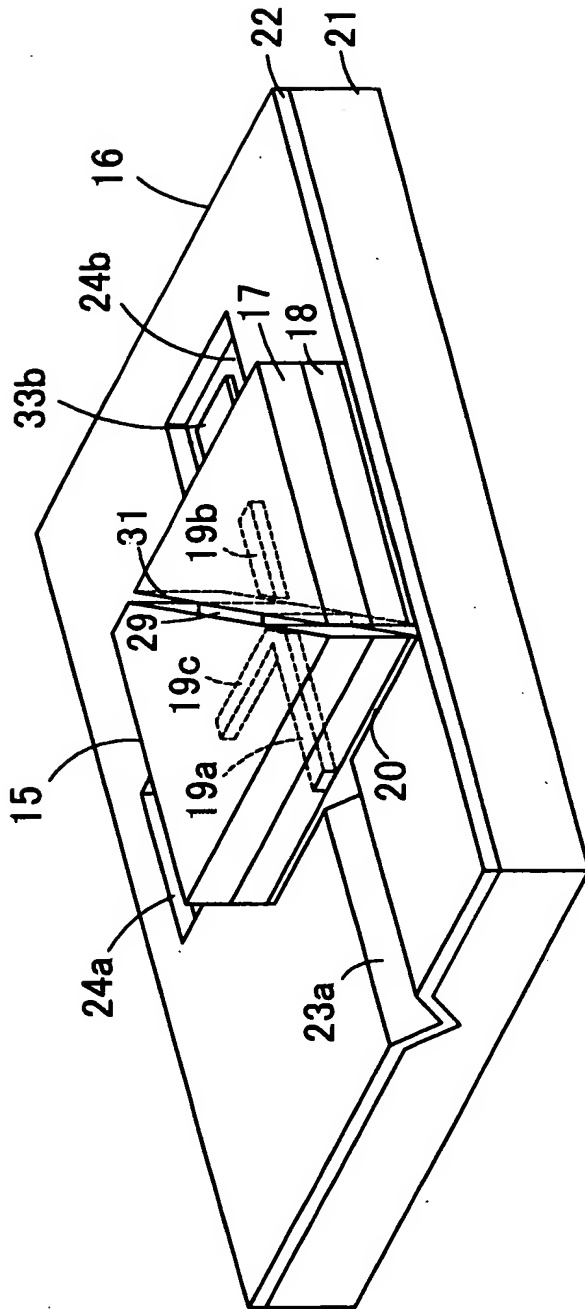


【図 2】

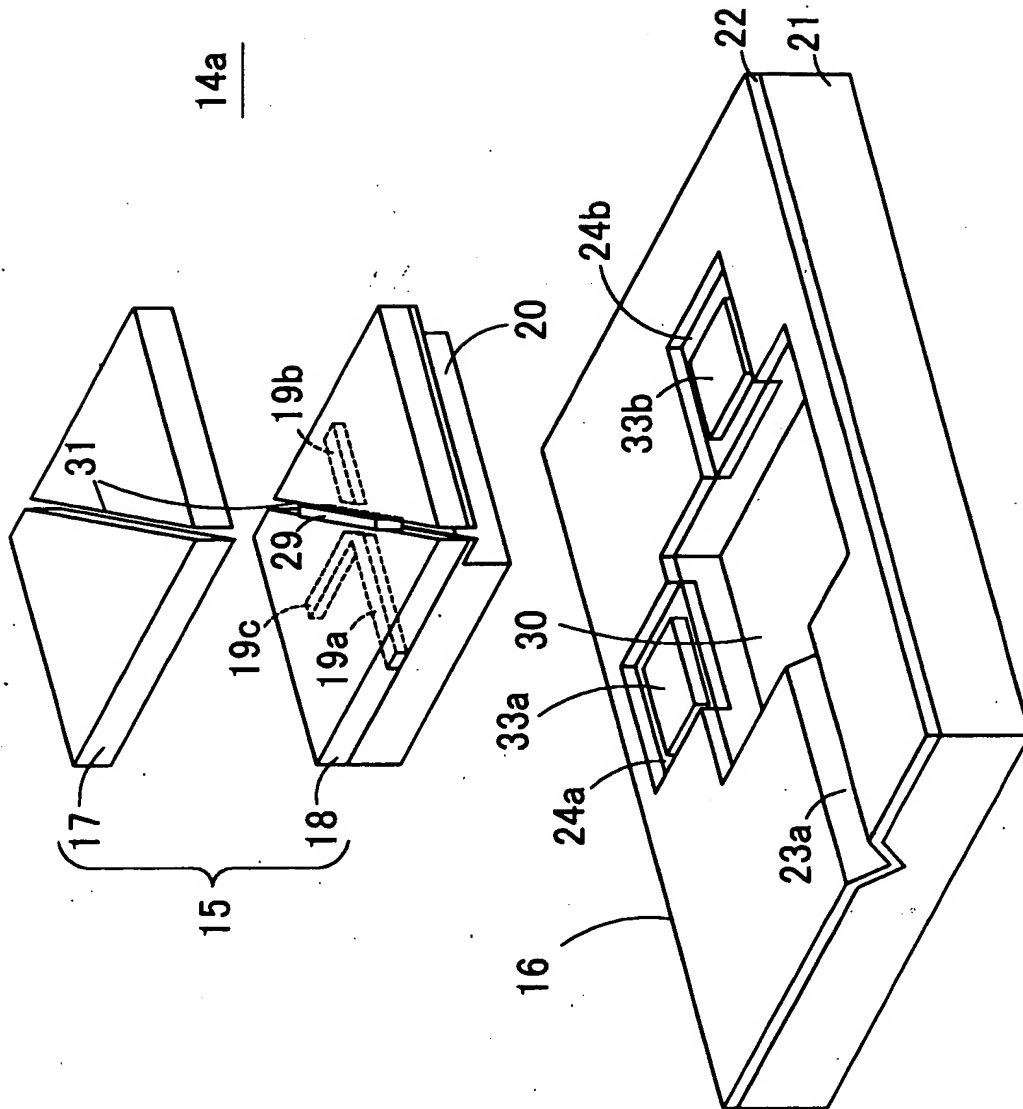


【図 3】

14a

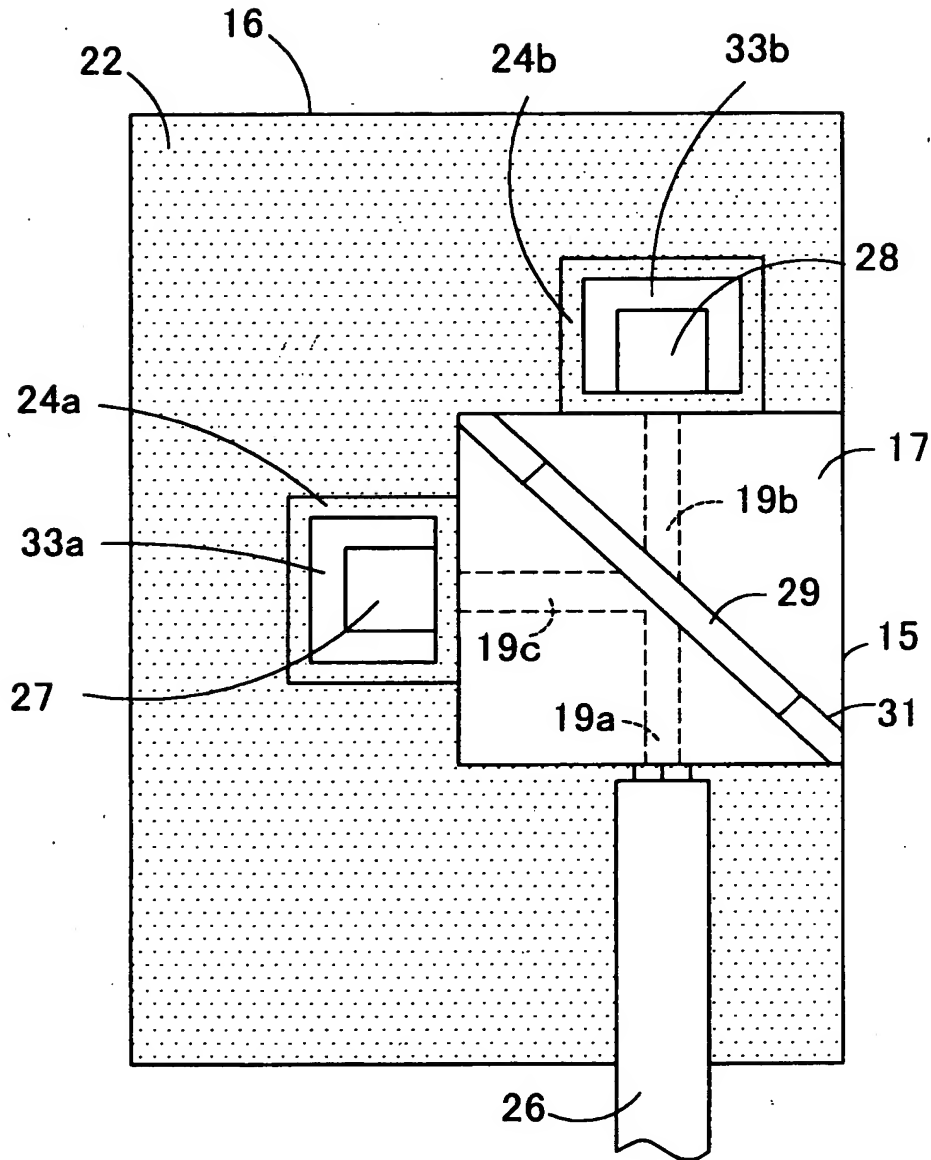


【図 4】

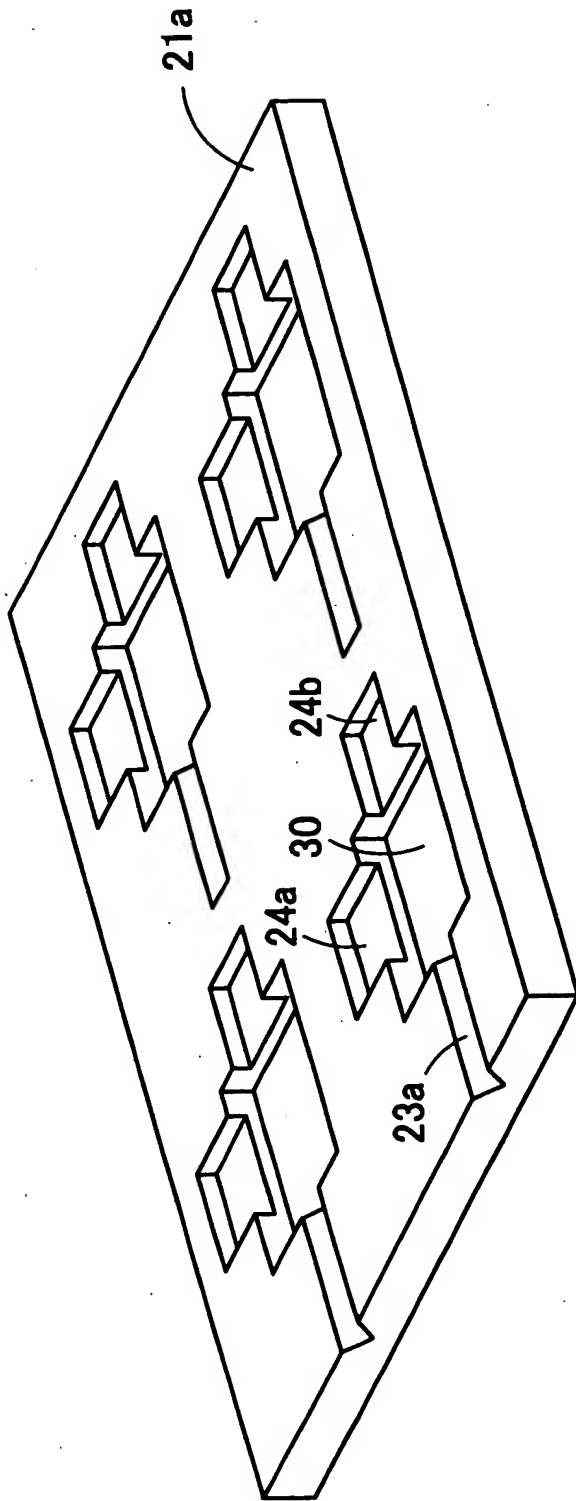


【図 5】

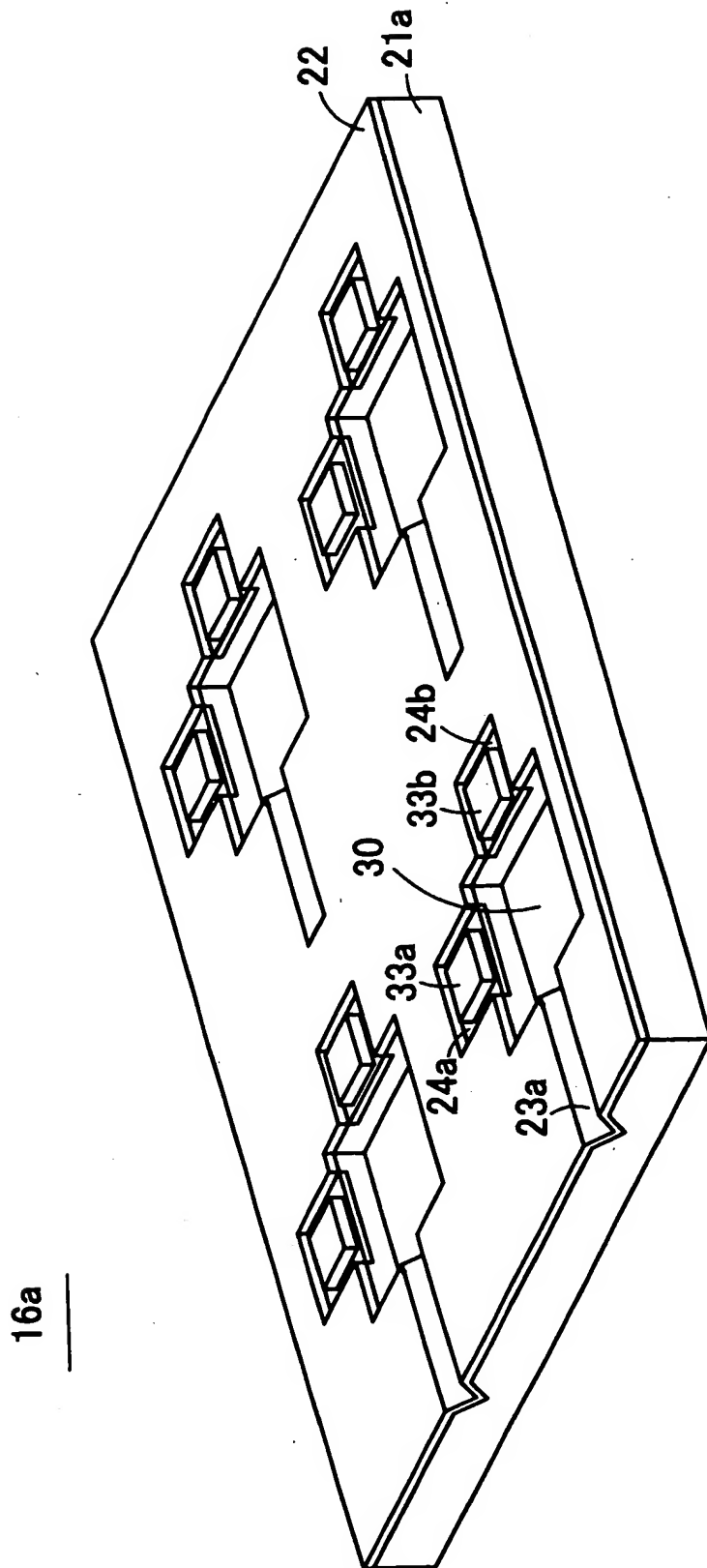
14a



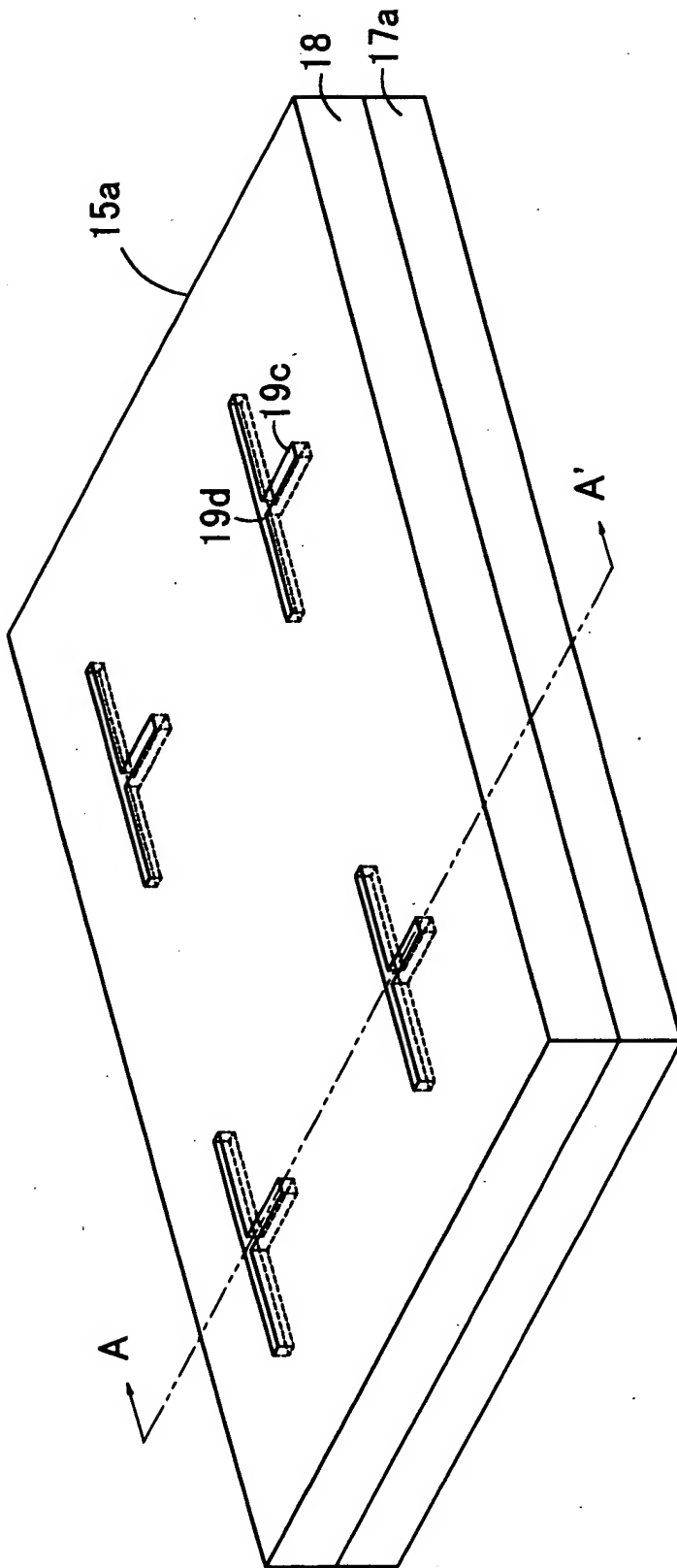
【図 6】



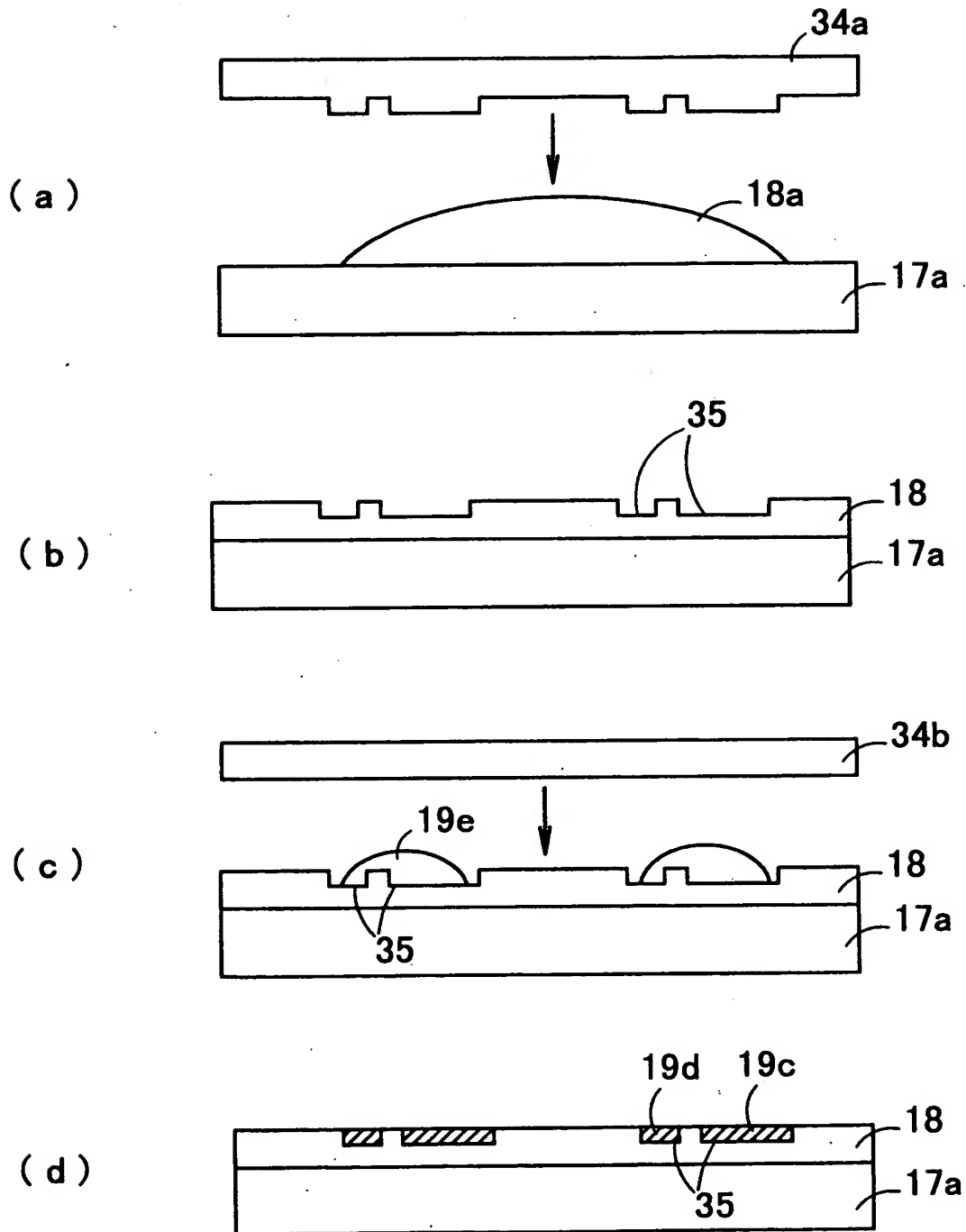
【图 7】



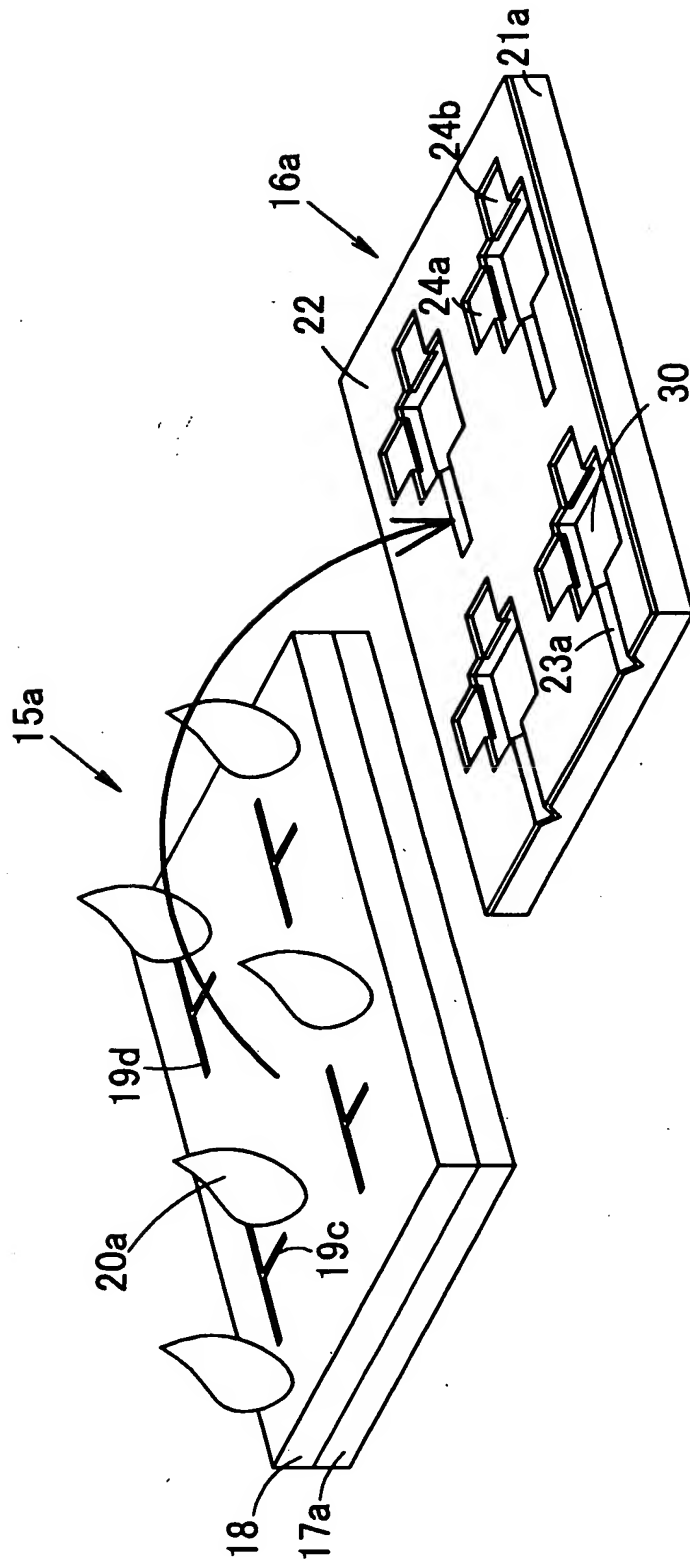
【図 8】



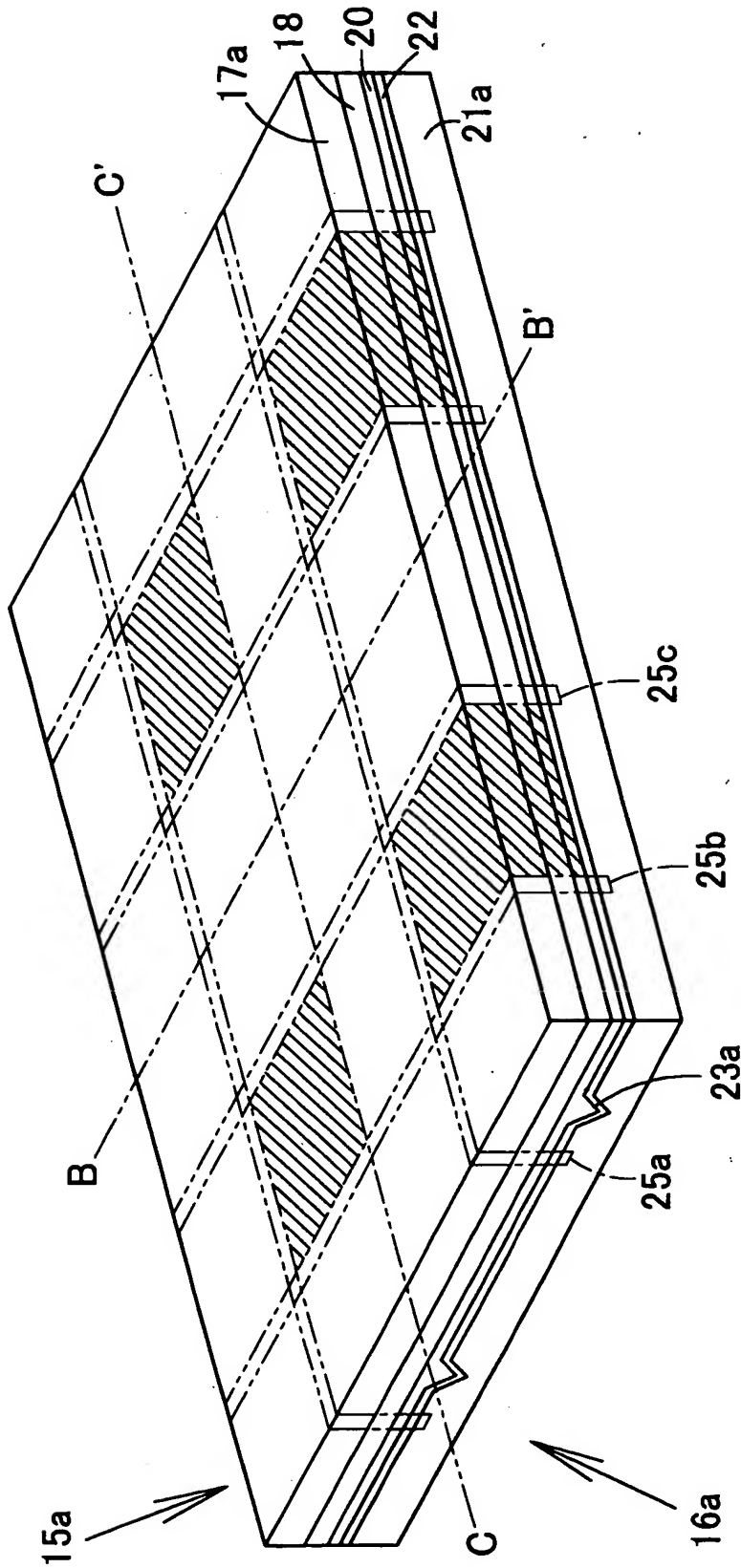
【図9】



【図 10】

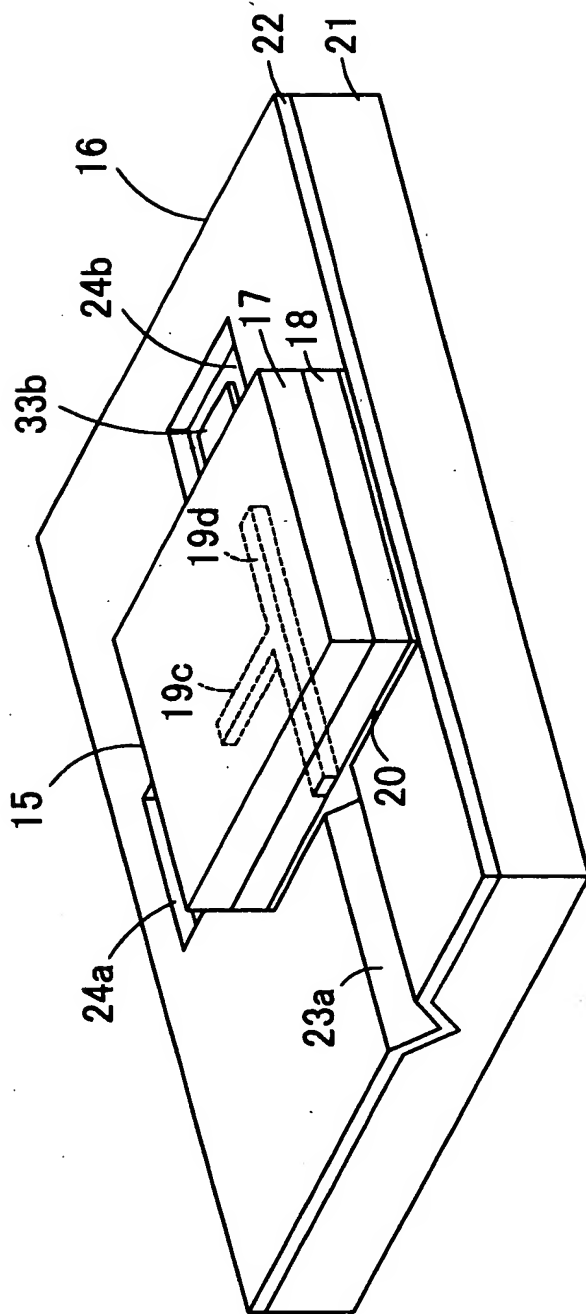


【図 11】

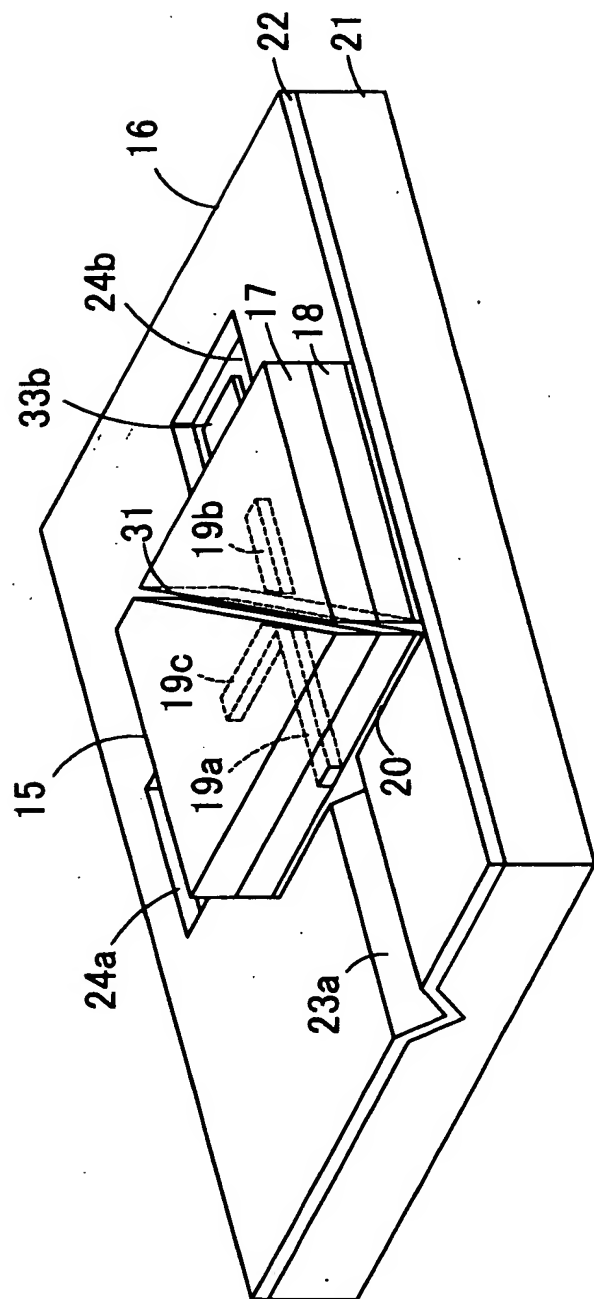


【図 12】

14a

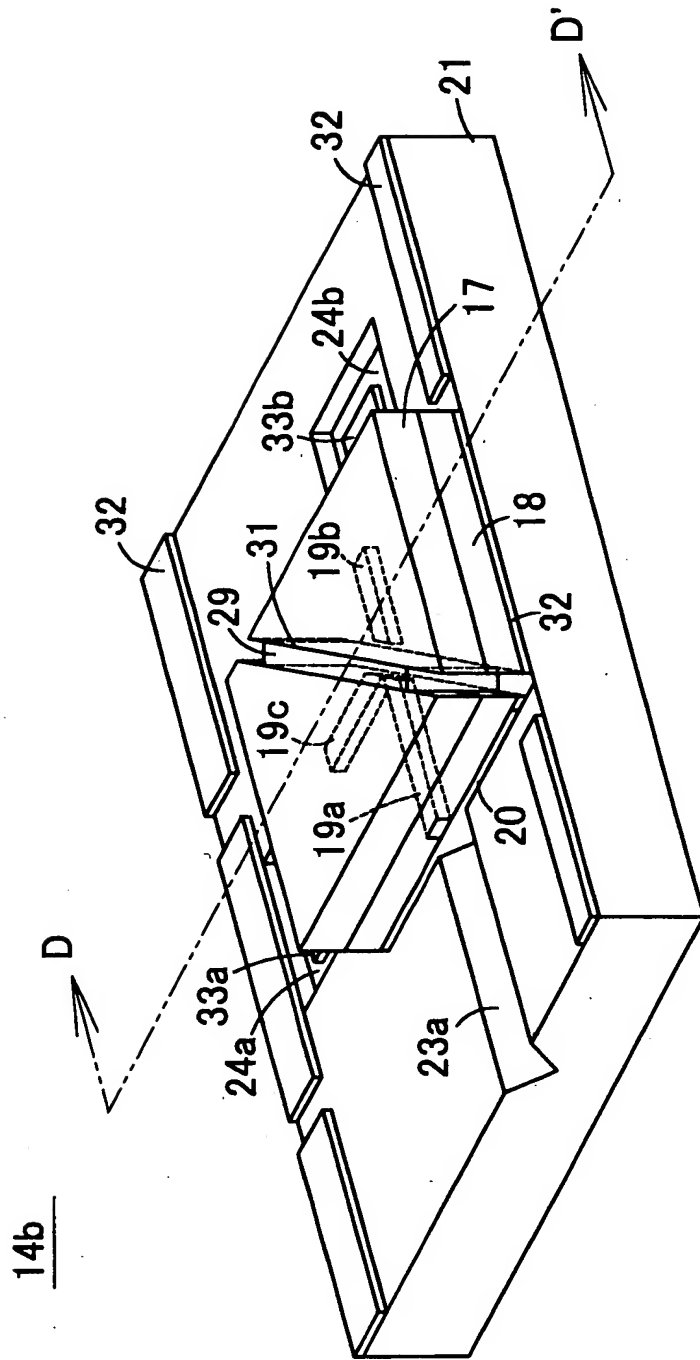


【図 13】

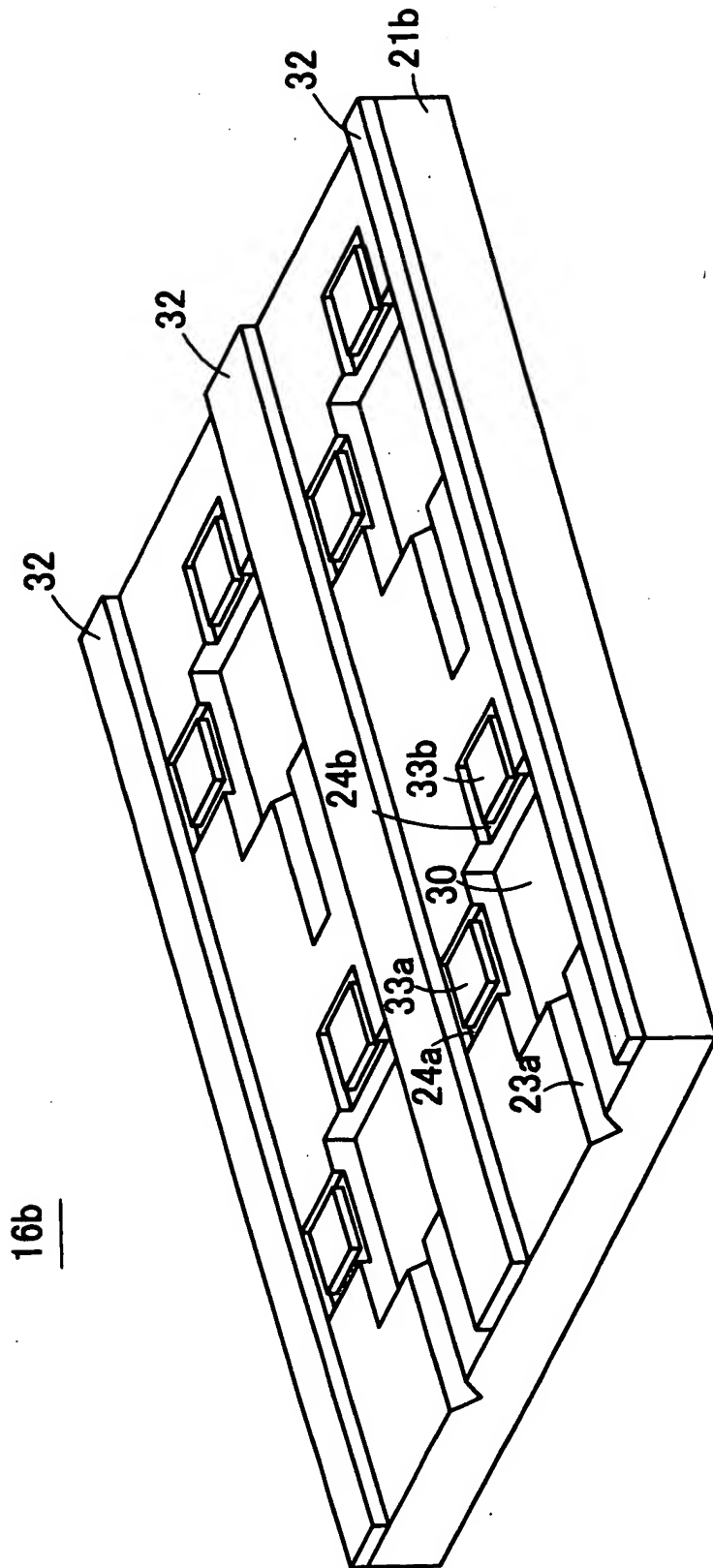


14a

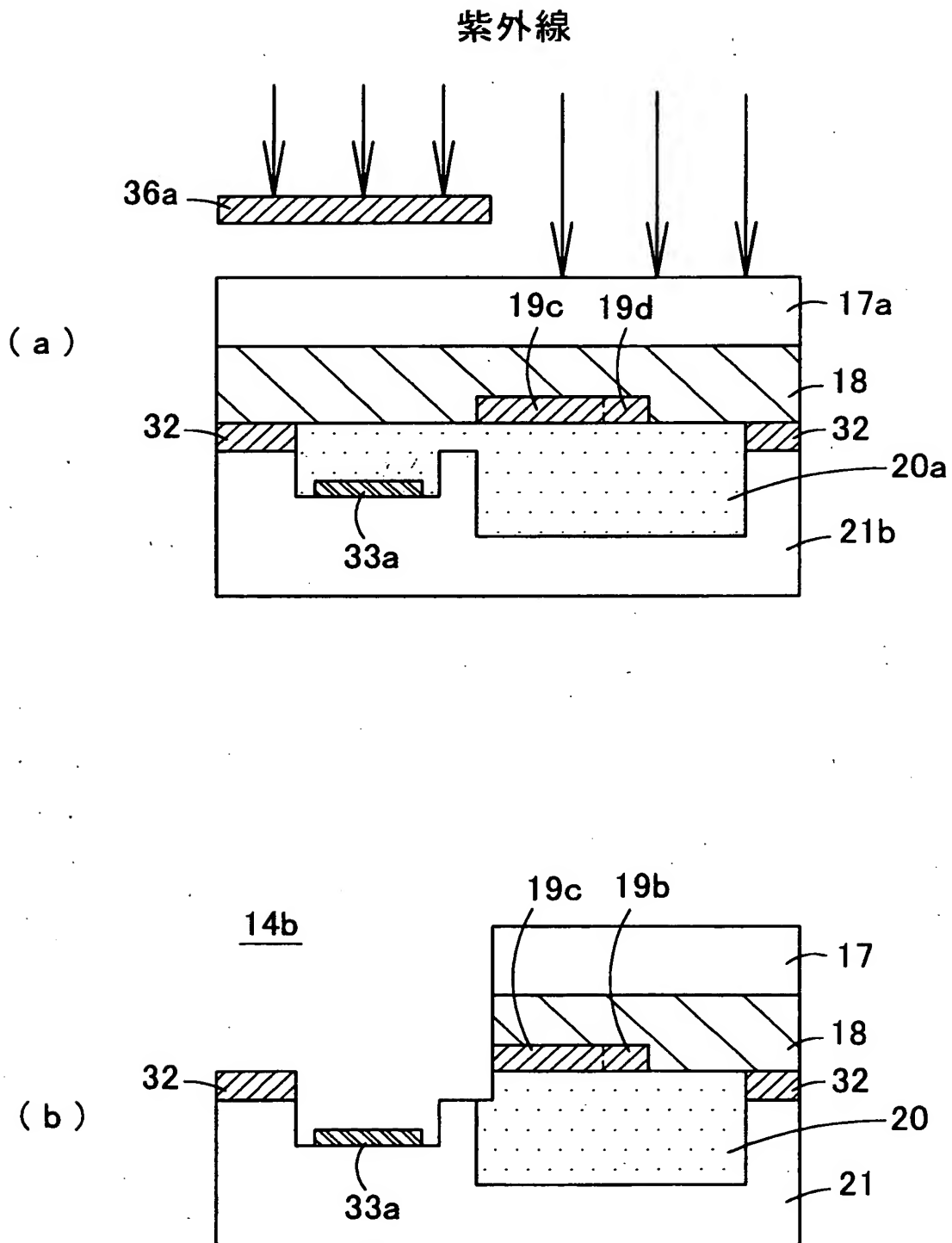
【図 14】



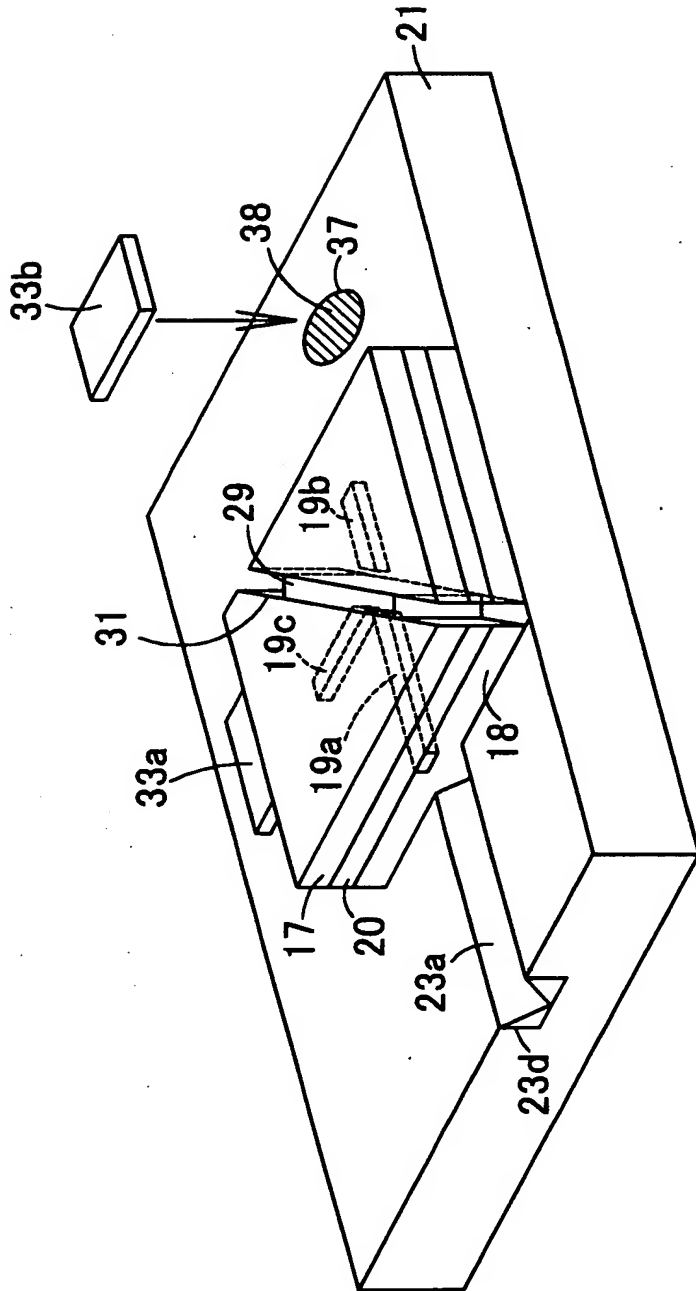
【図 15】



【図 16】

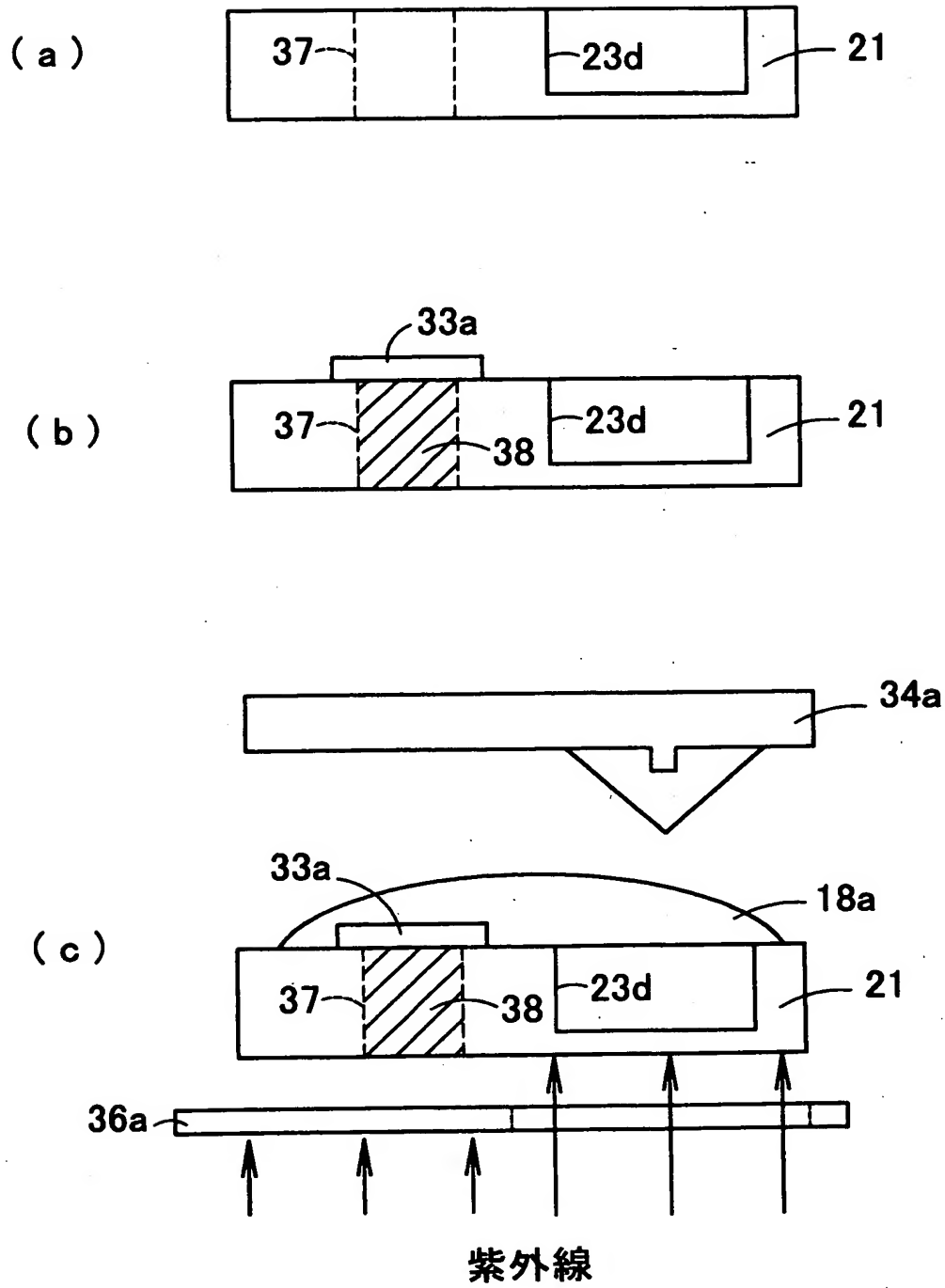


【図 17】

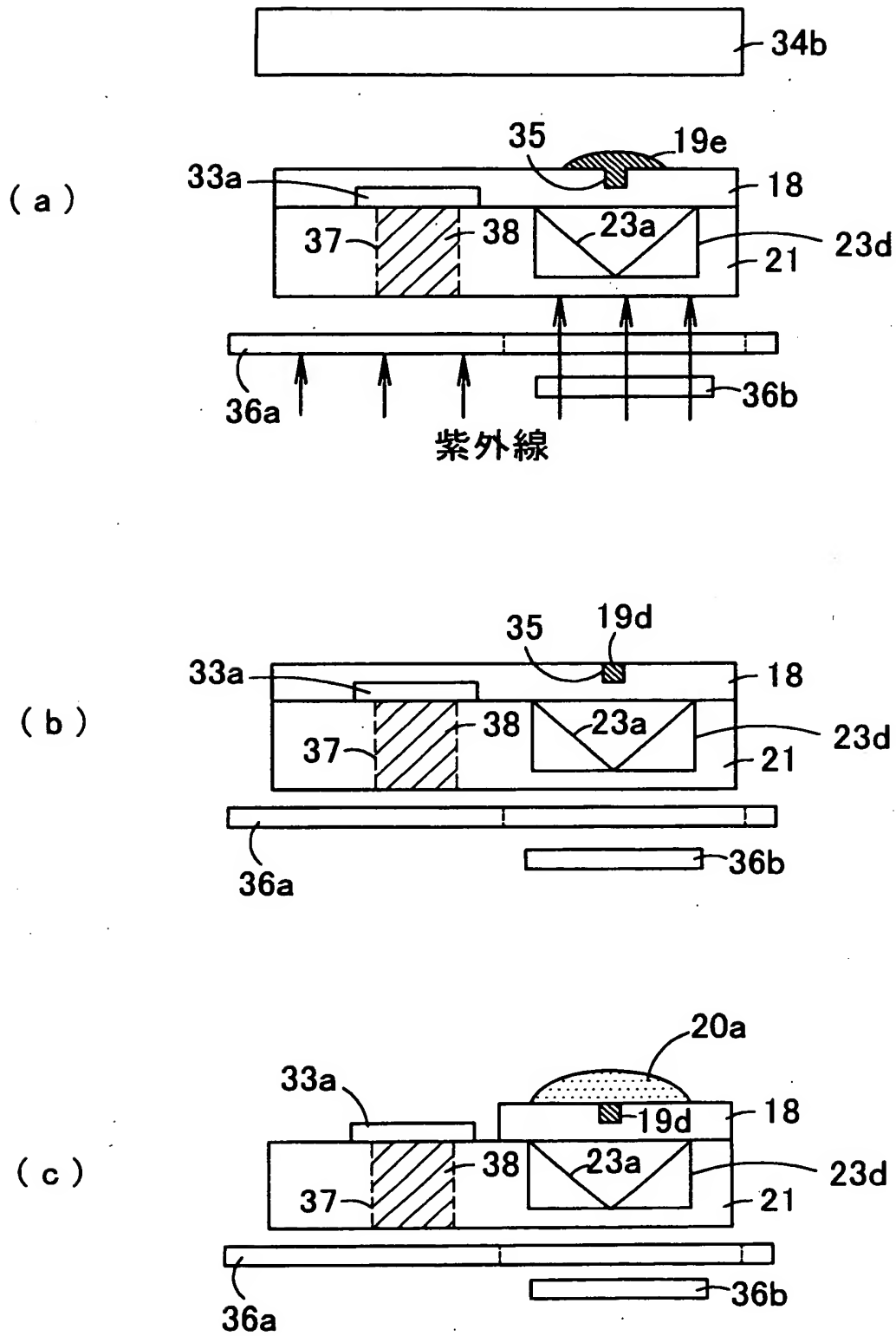


14c

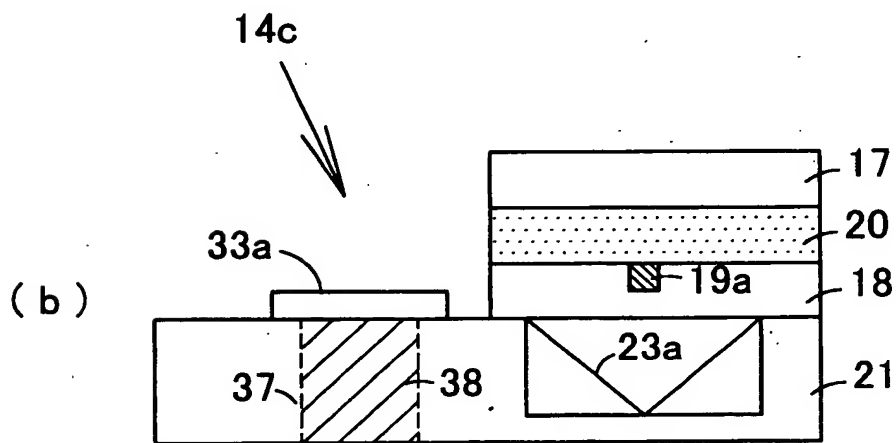
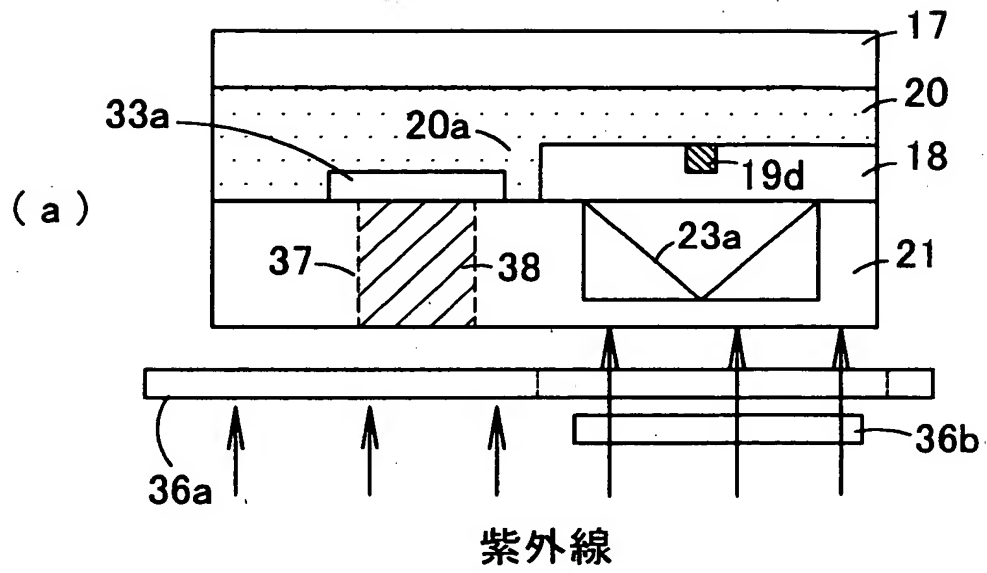
【図18】



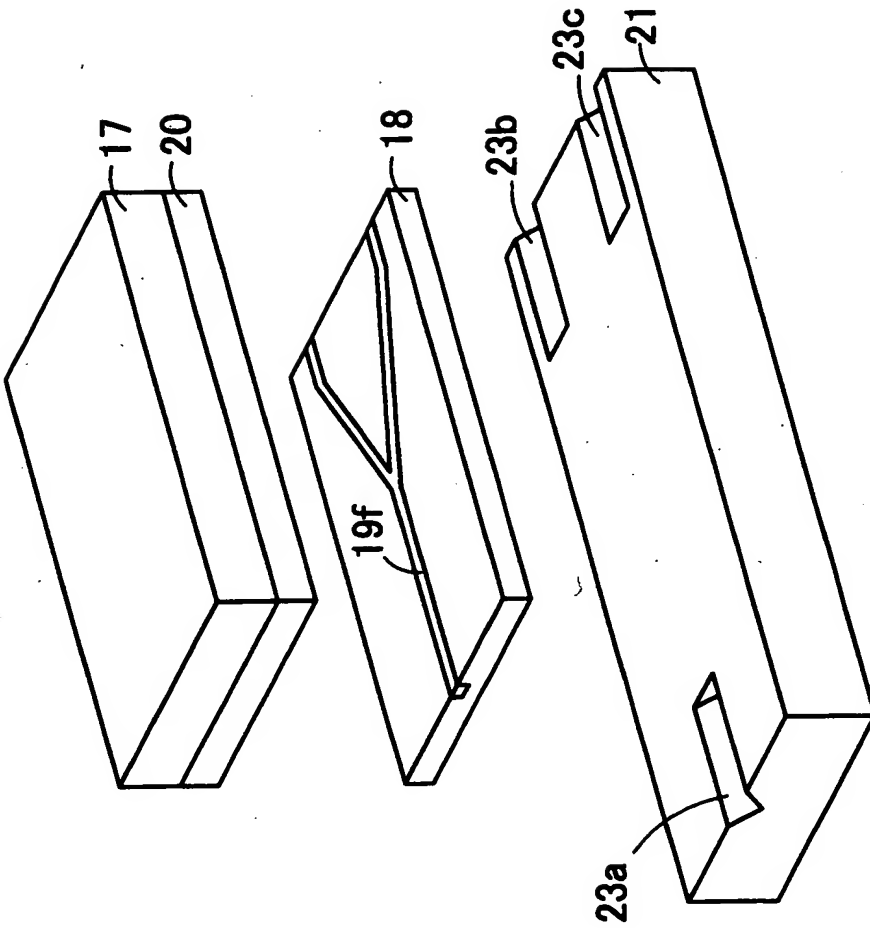
【図19】



【図 20】

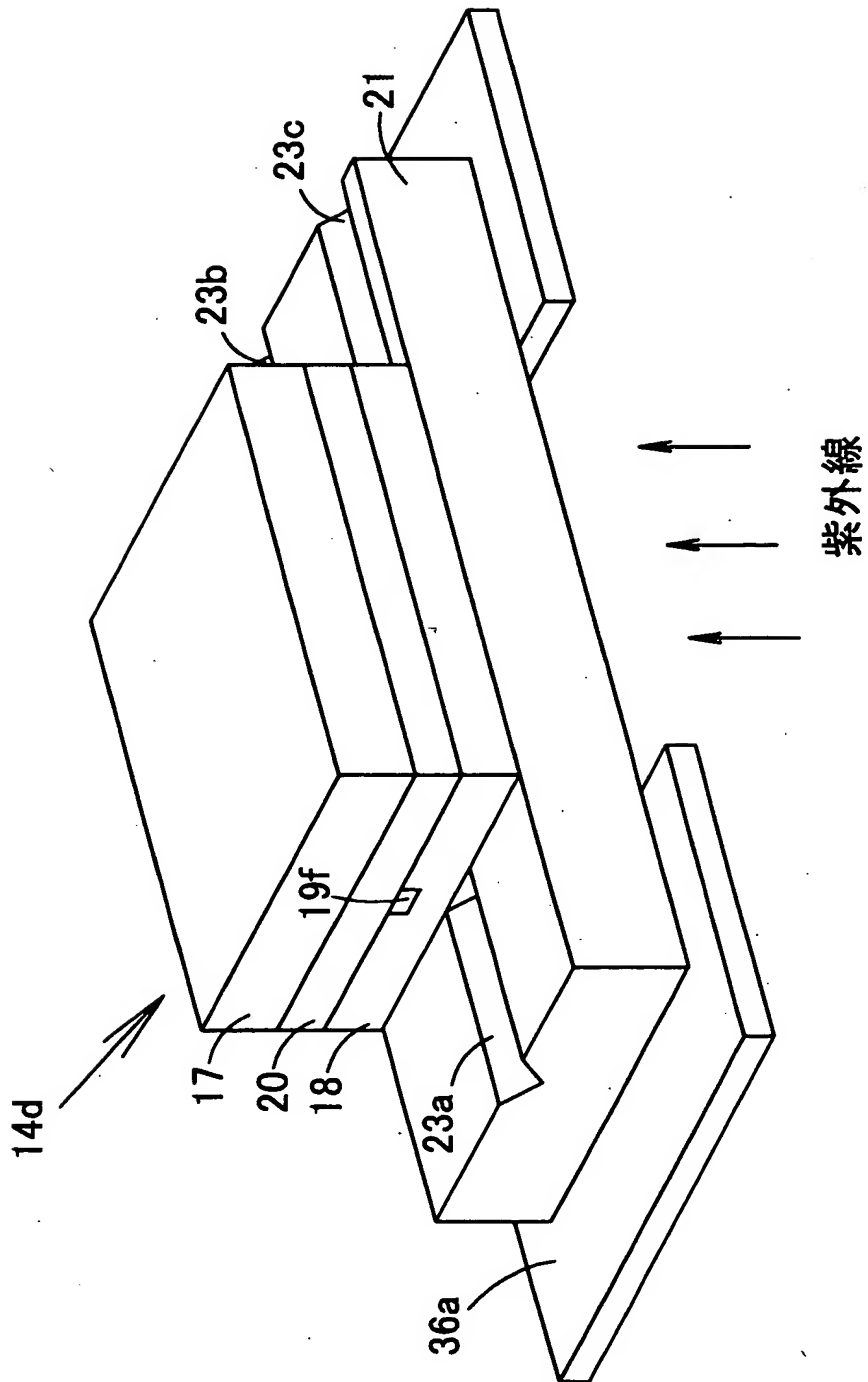


【図 21】

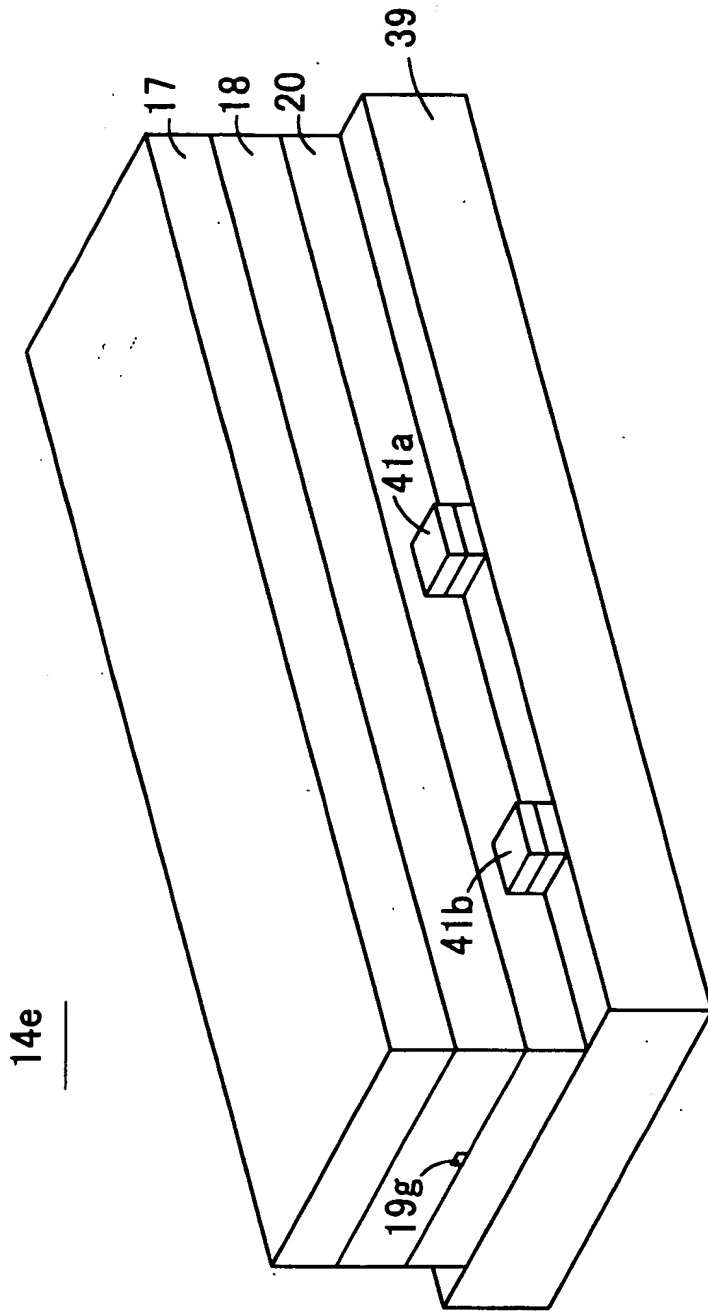


14d

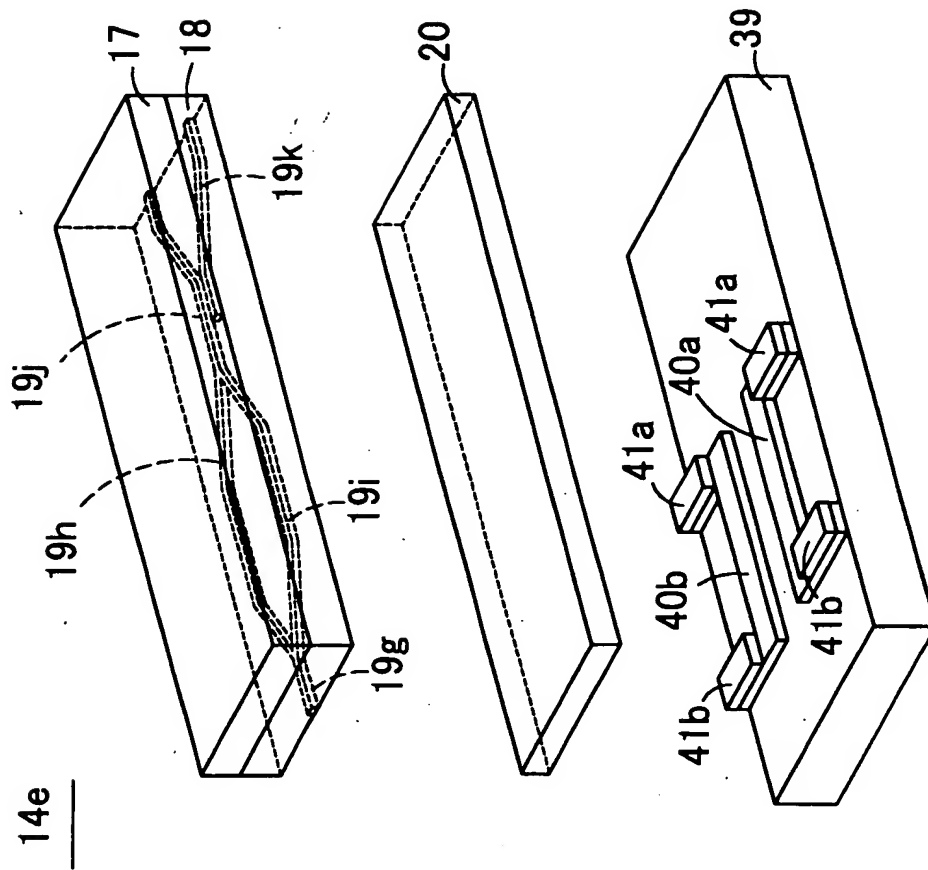
【図 22】



【 図 2 3 】

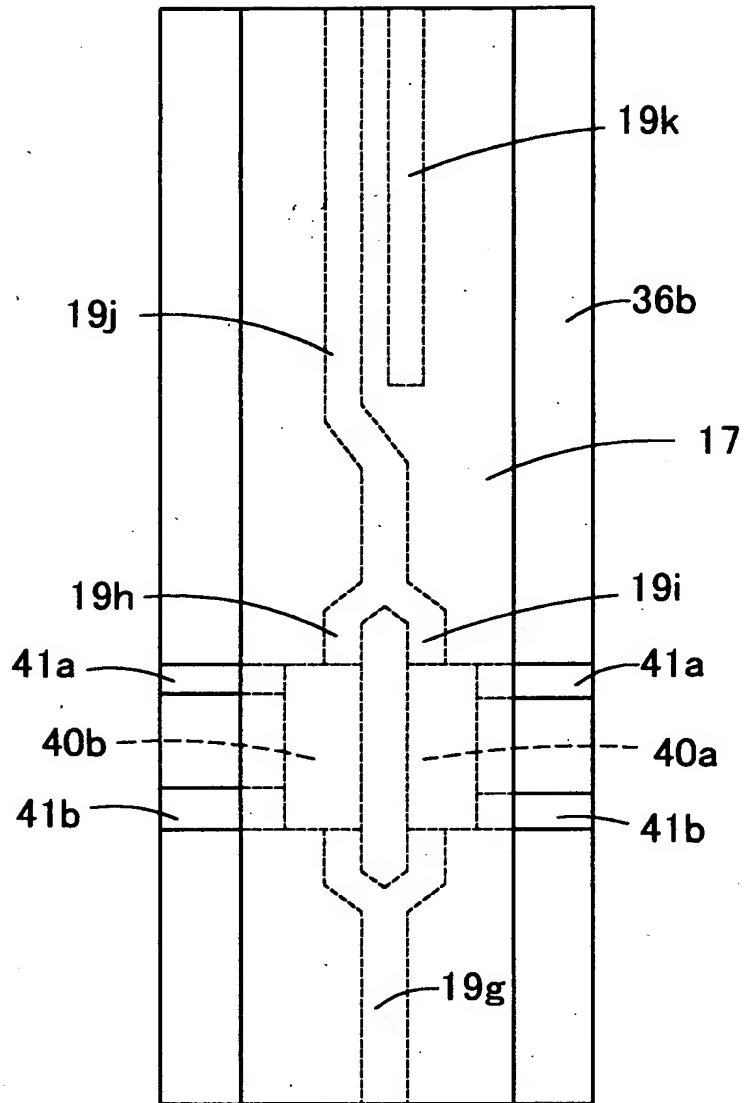


【図 24】

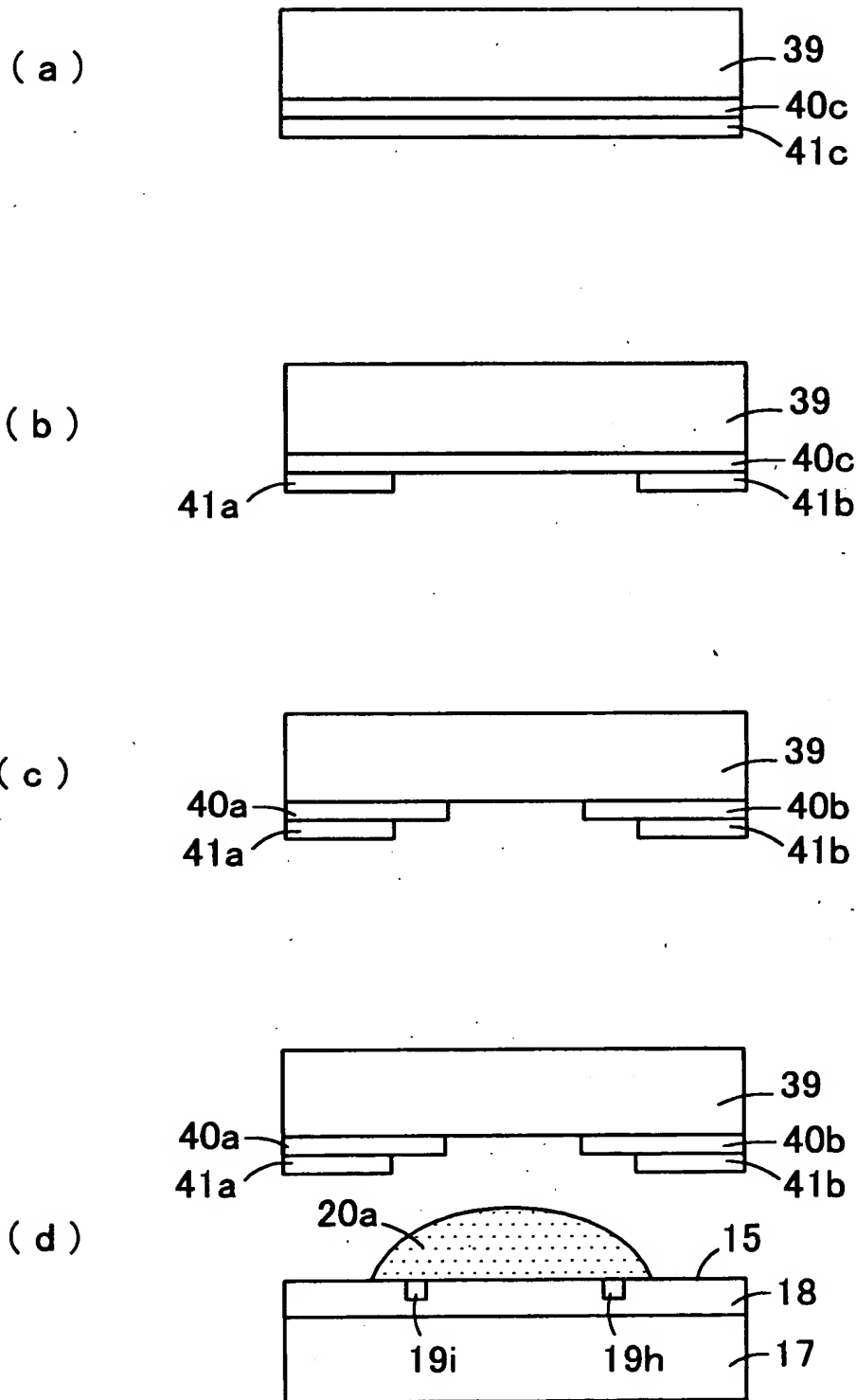


【図 25】

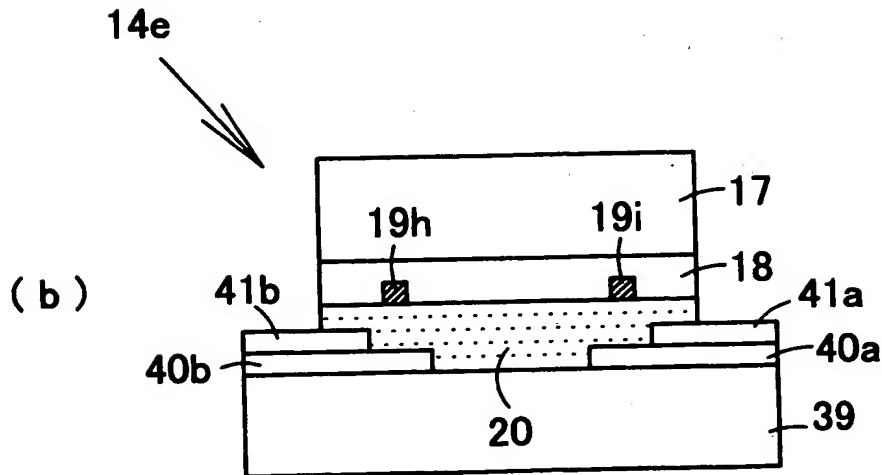
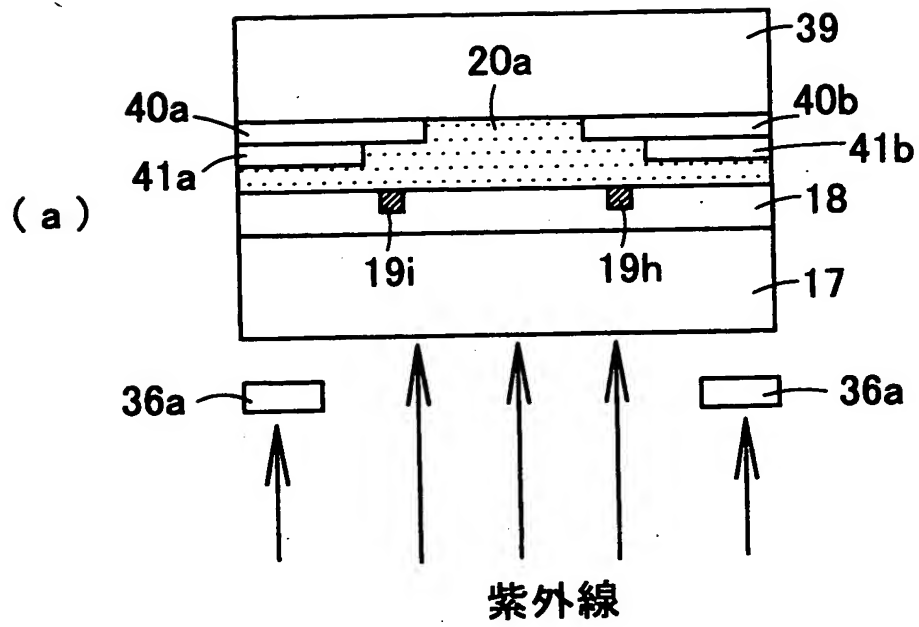
14e



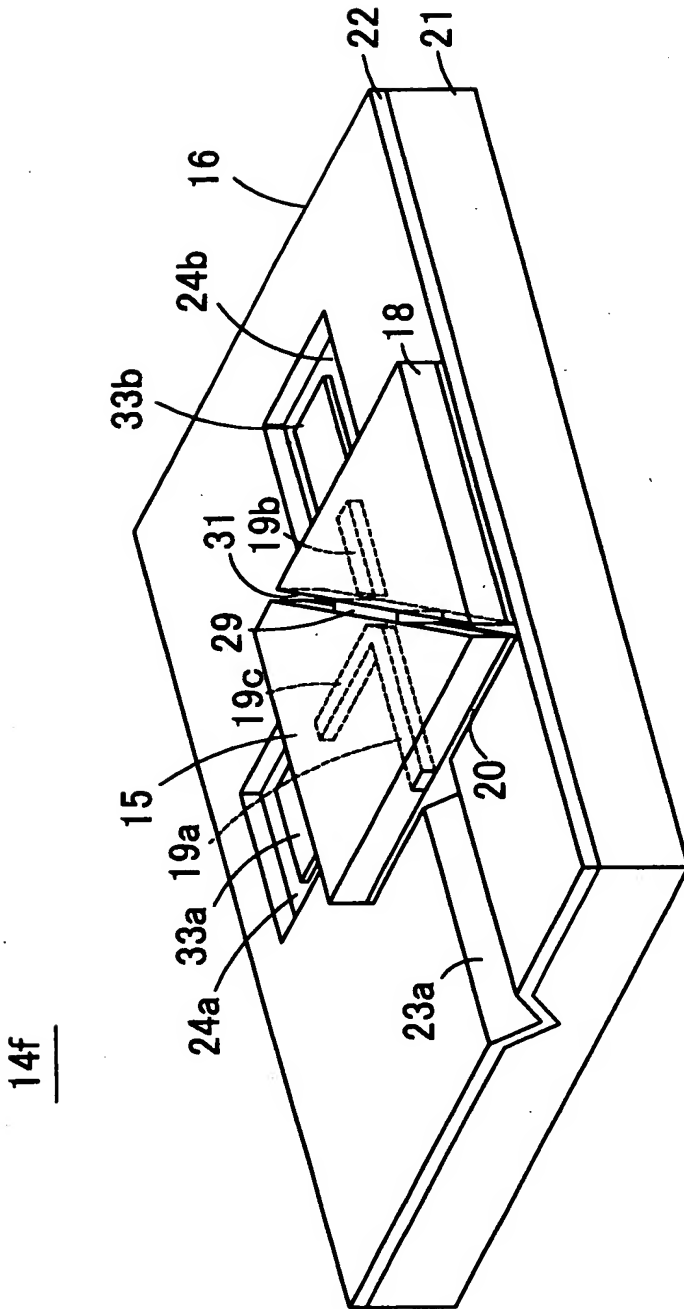
【図 2 6】



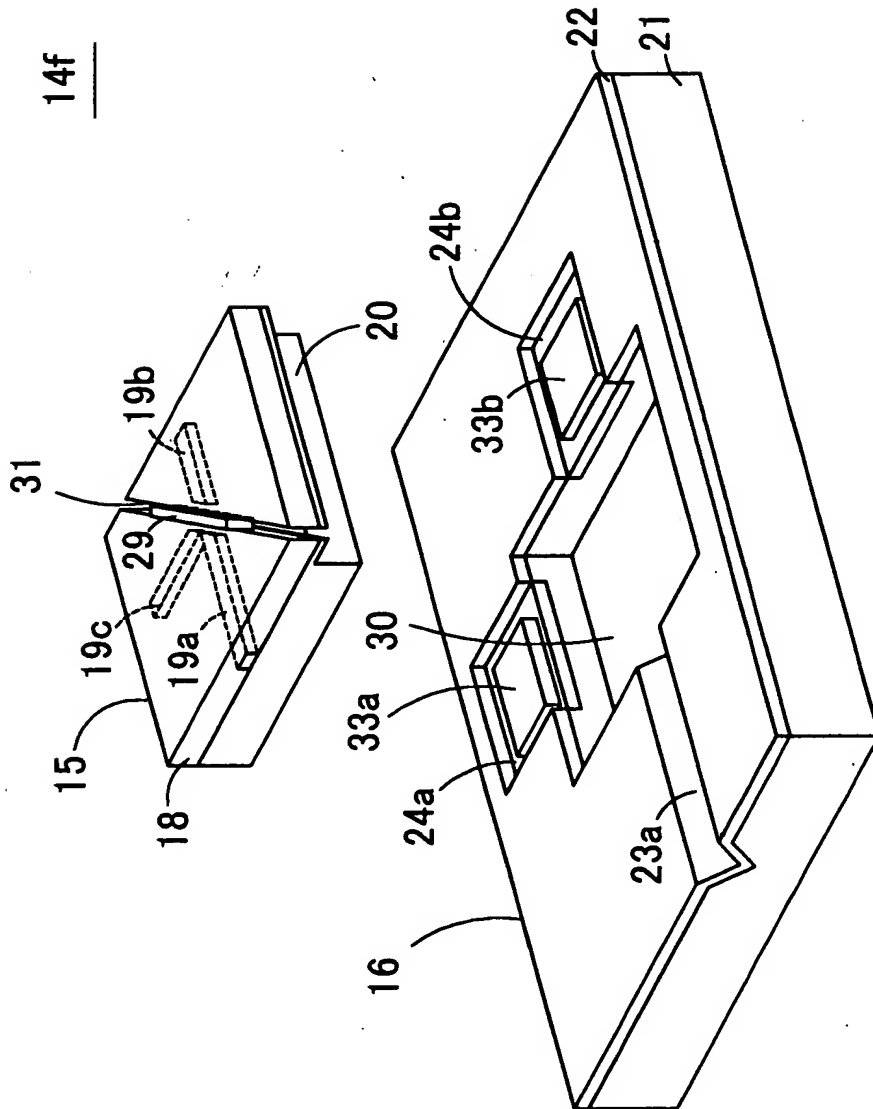
【図 27】



【図 28】

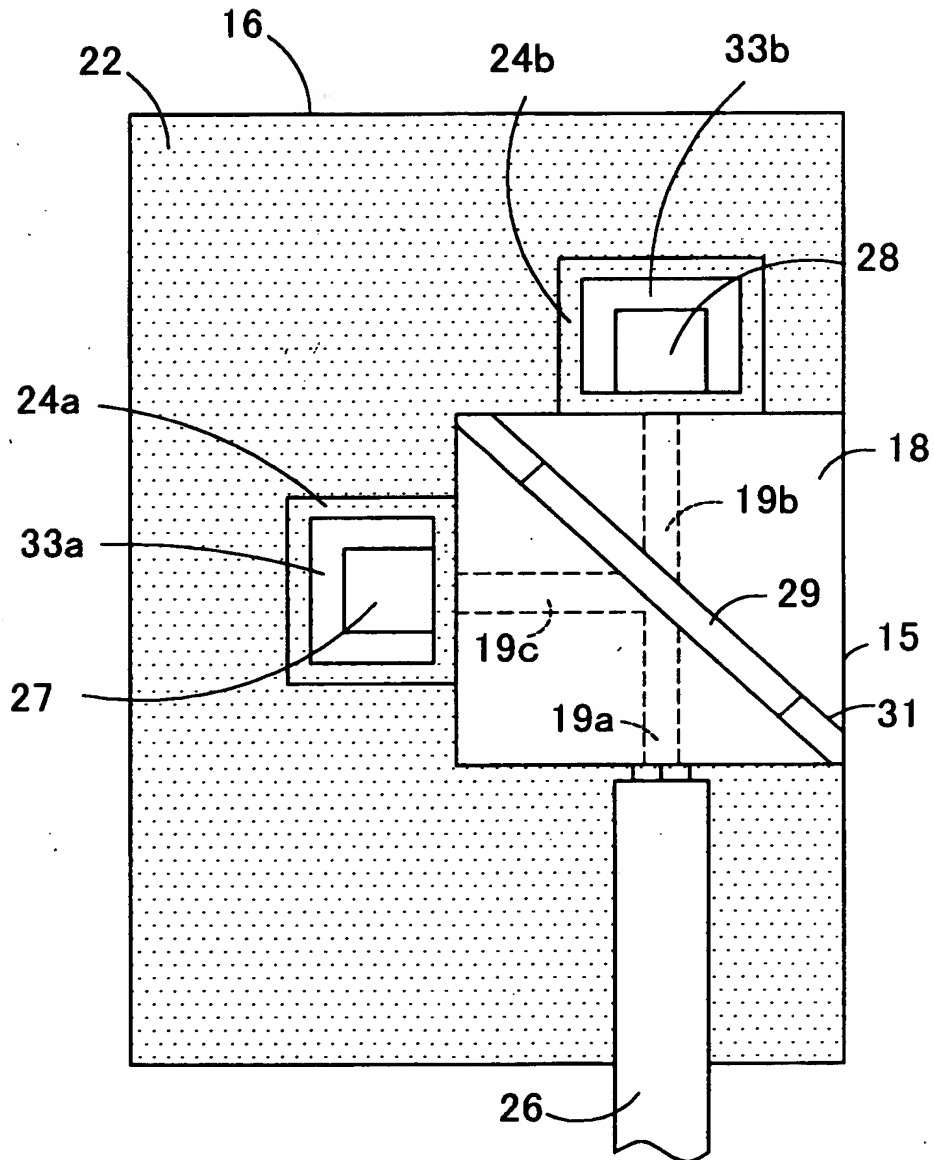


【圖 29】

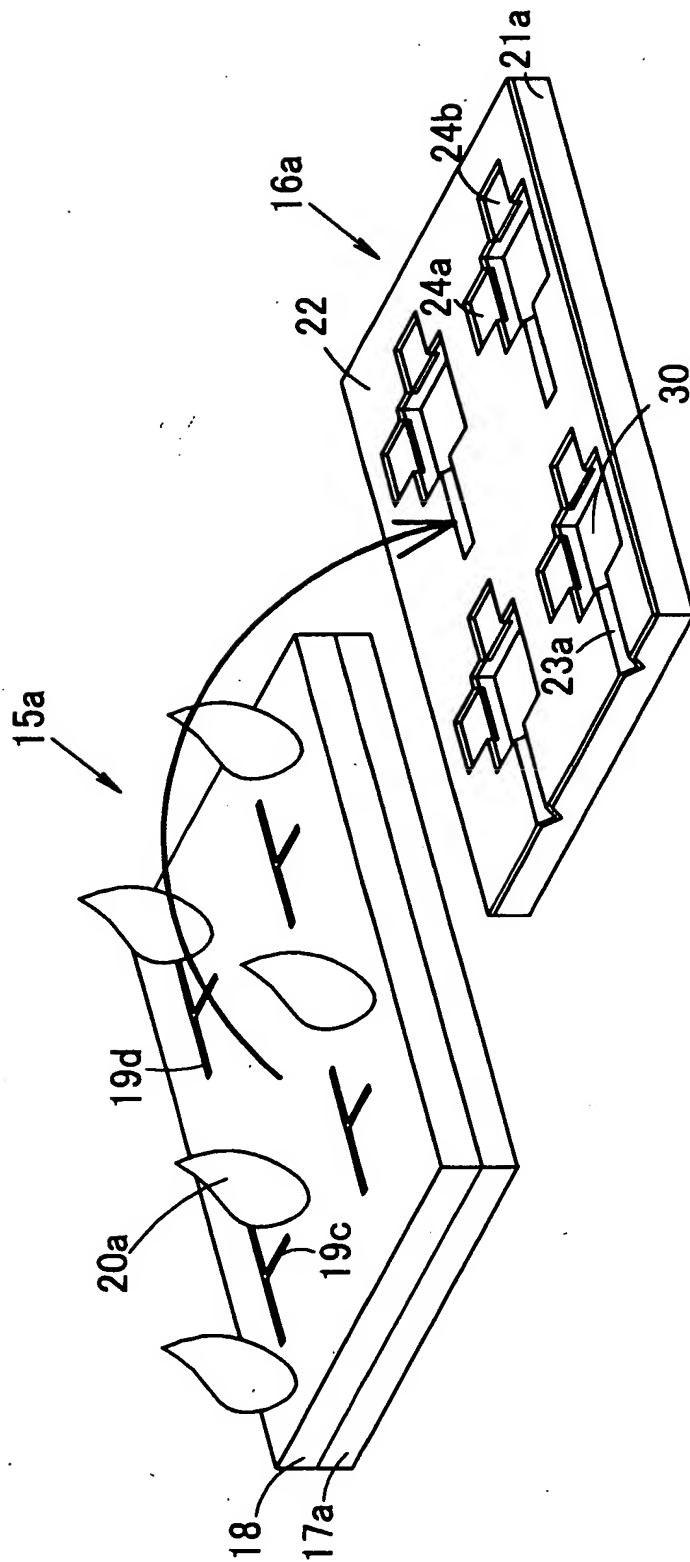


【図 30】

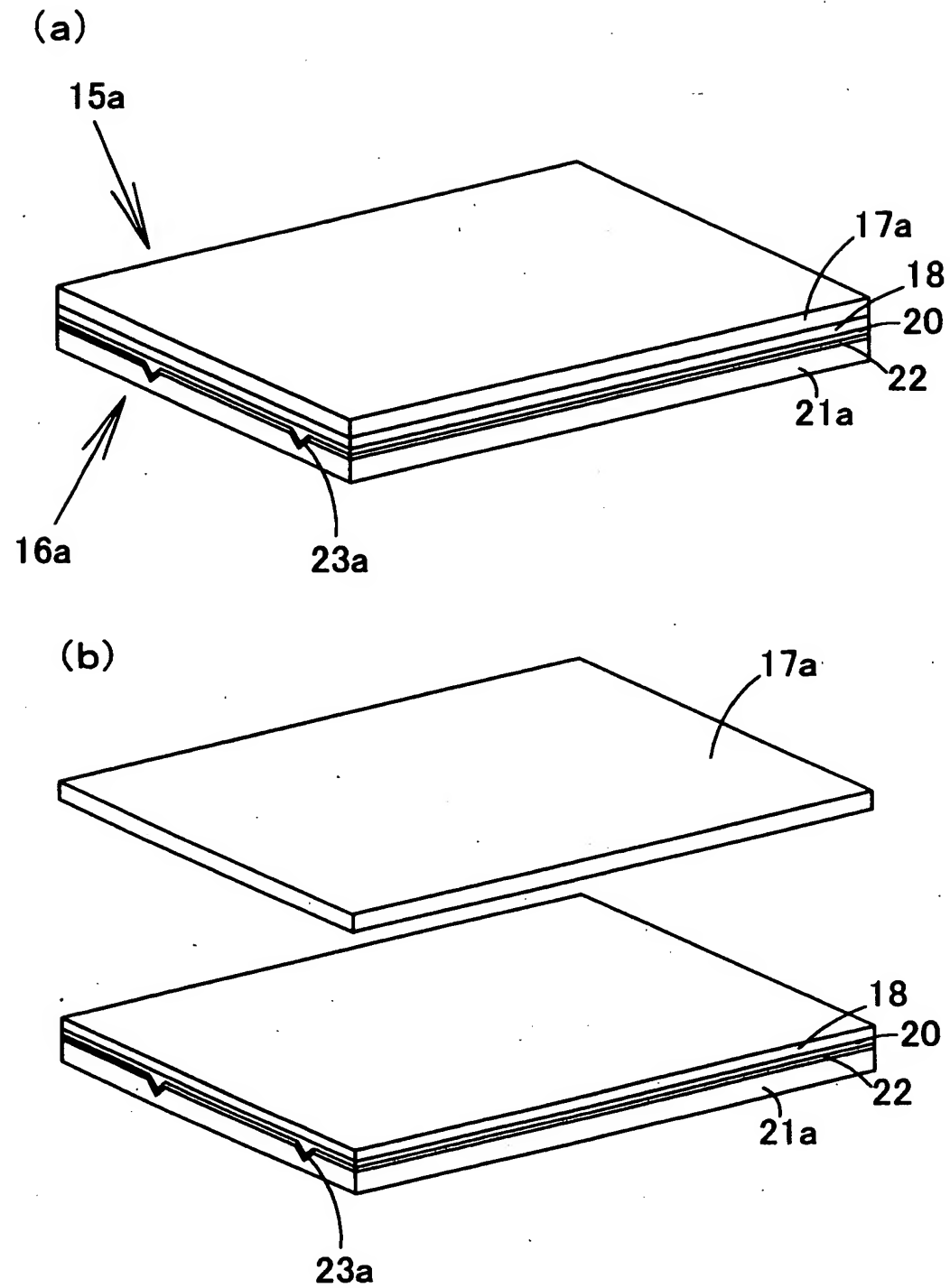
14f



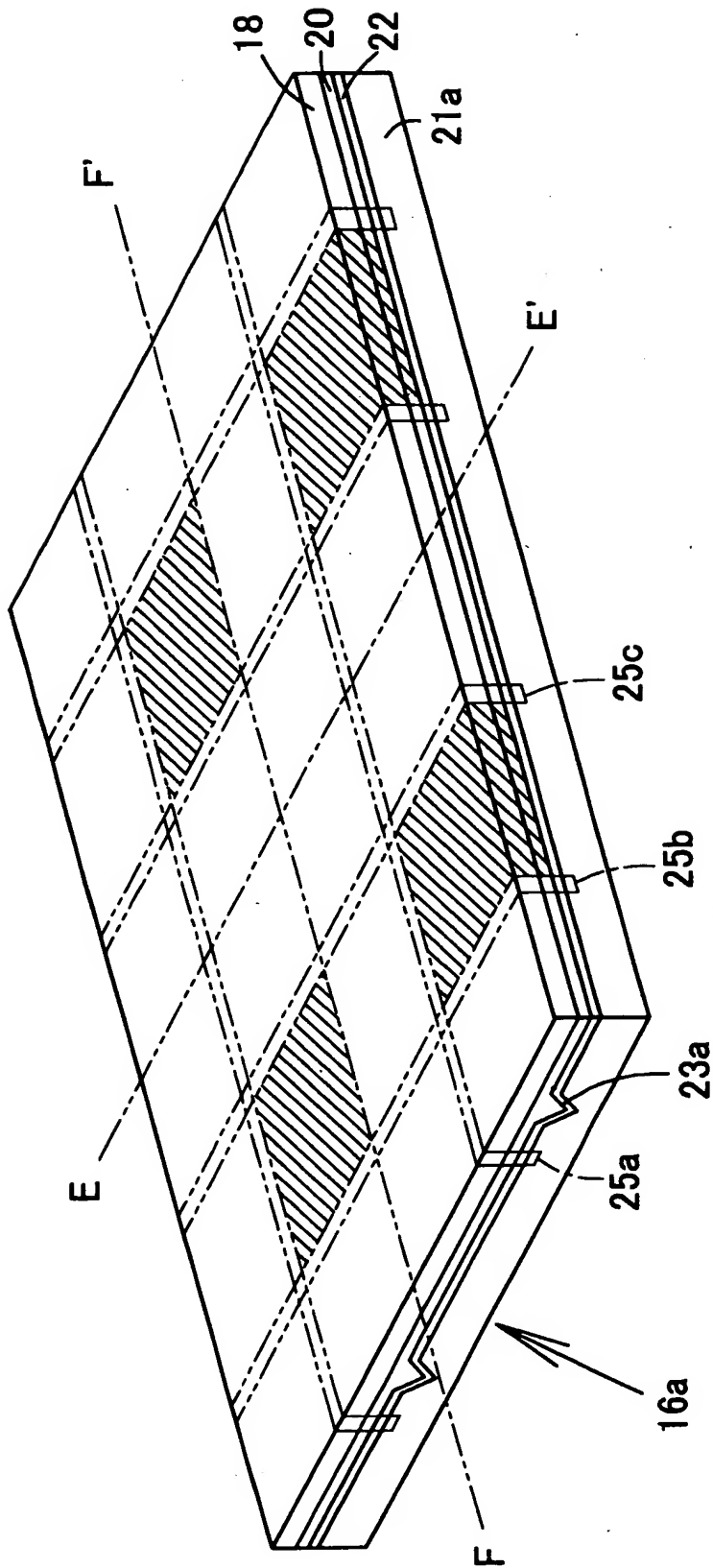
【図 31】



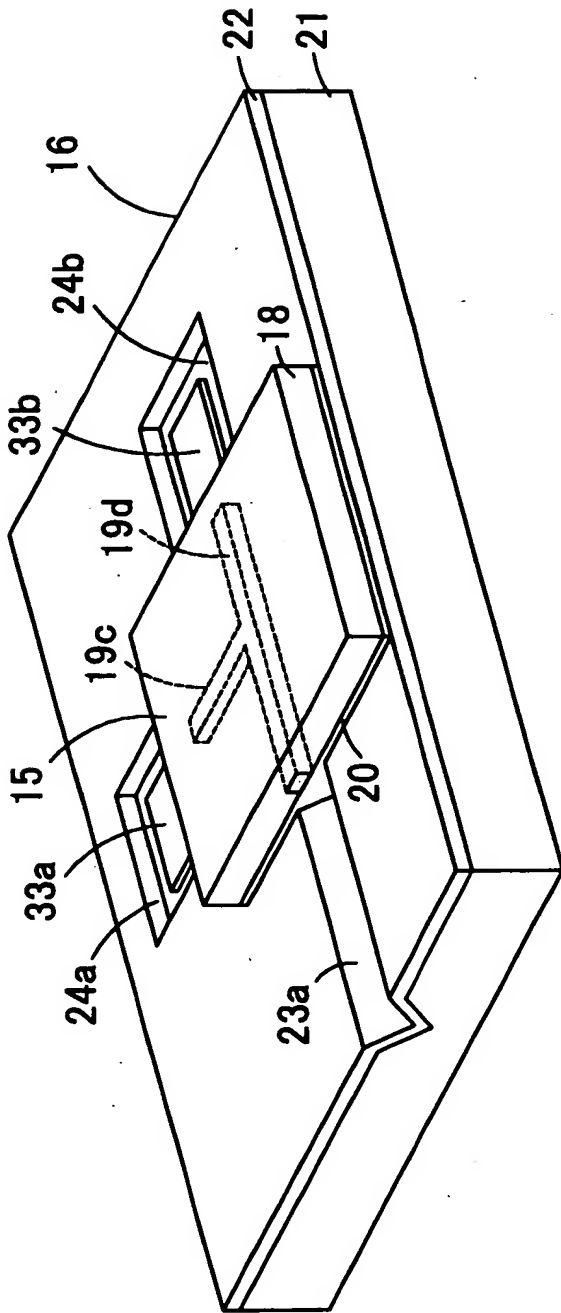
【図 32】



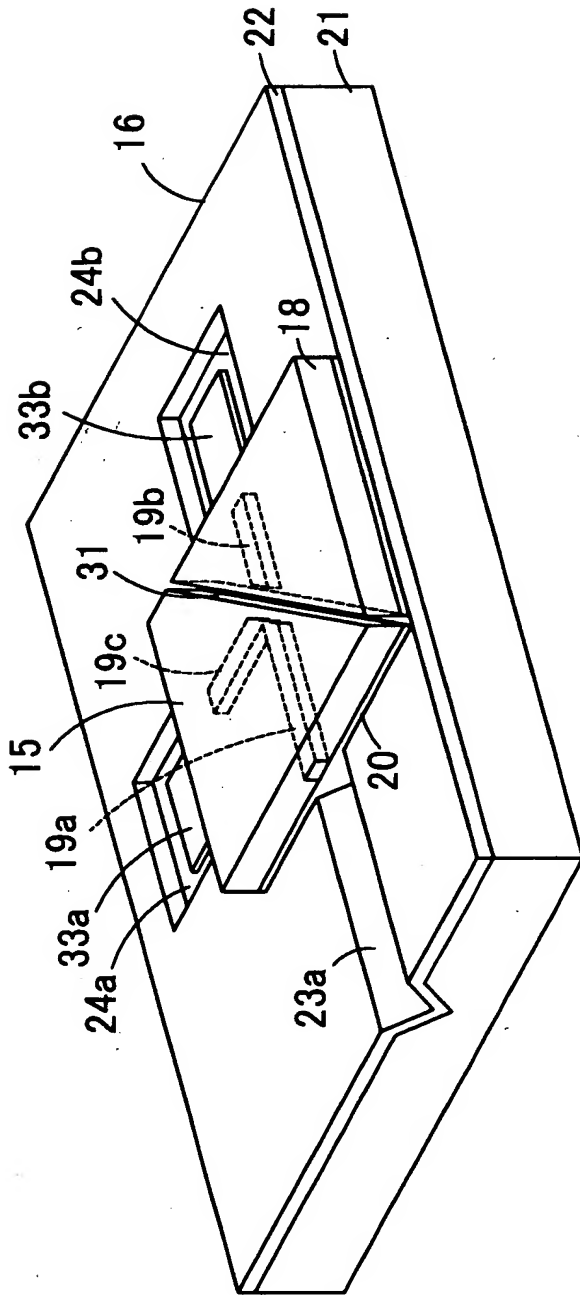
【図 33】



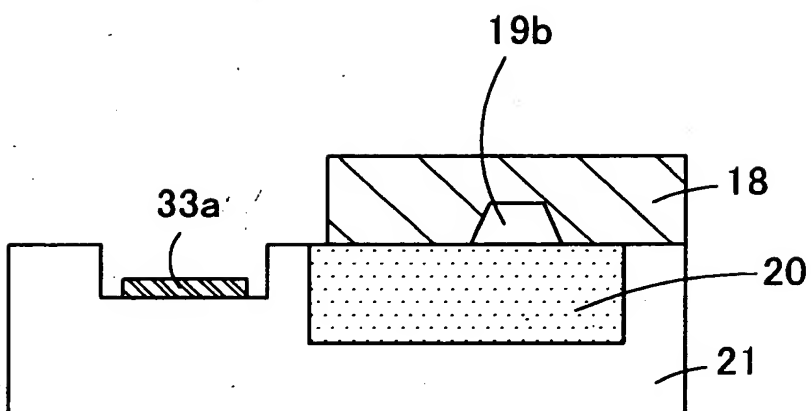
【図 34】



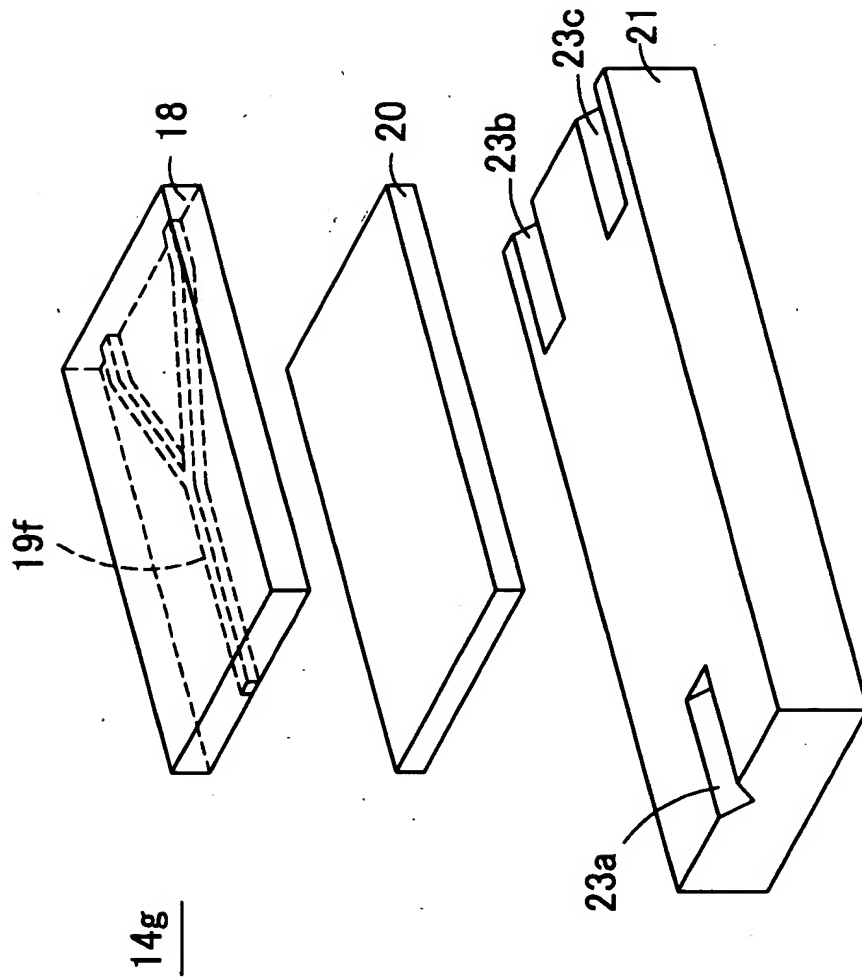
【図 35】



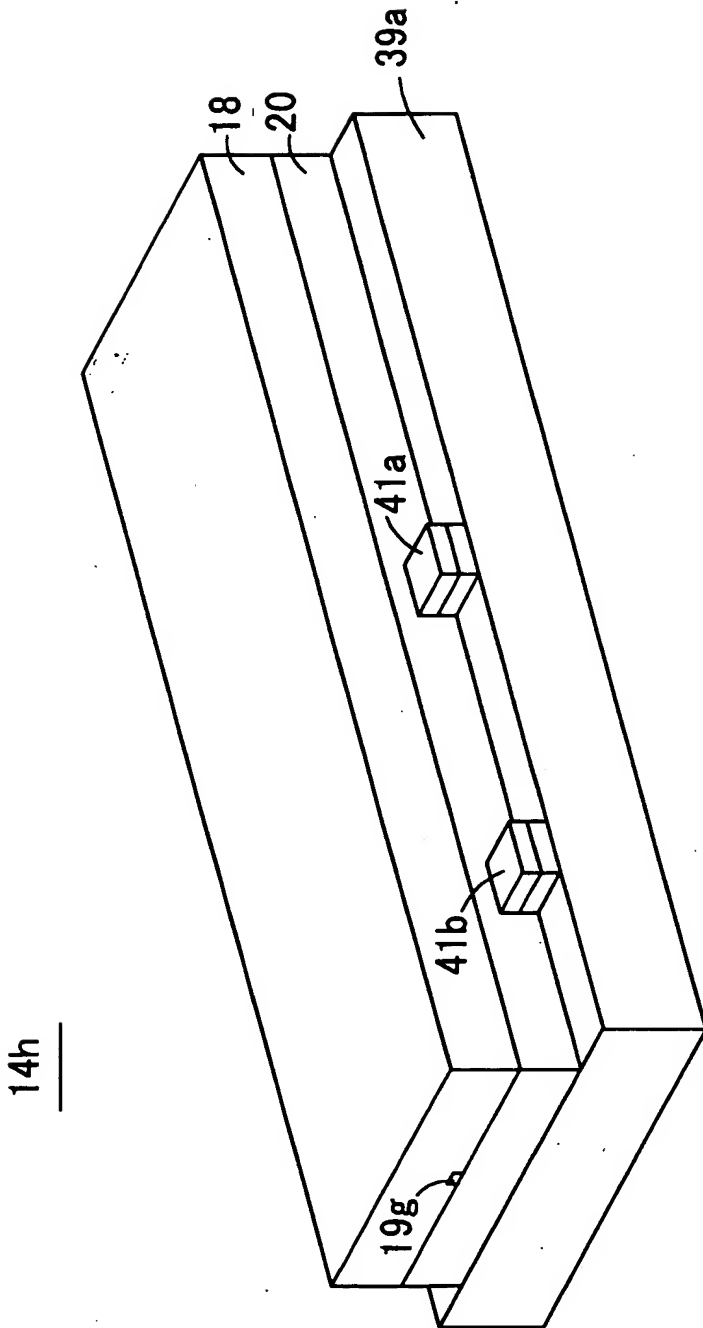
【図 36】



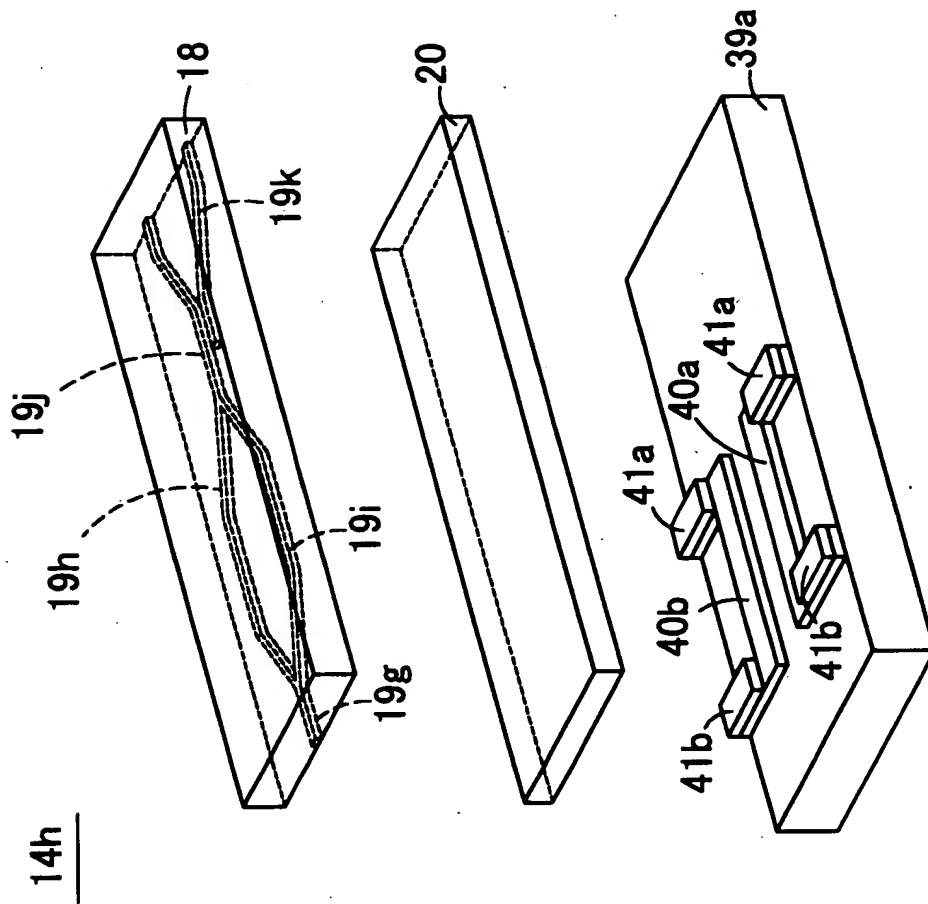
【図 37】



【図 38】

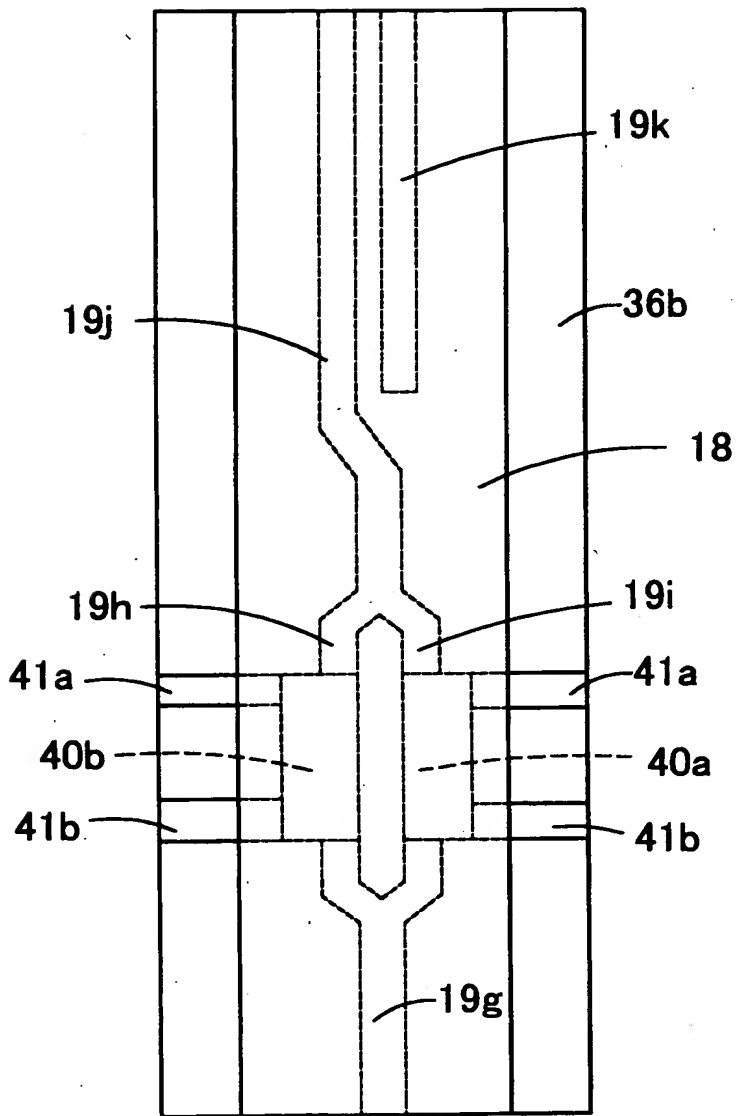


【図 39】



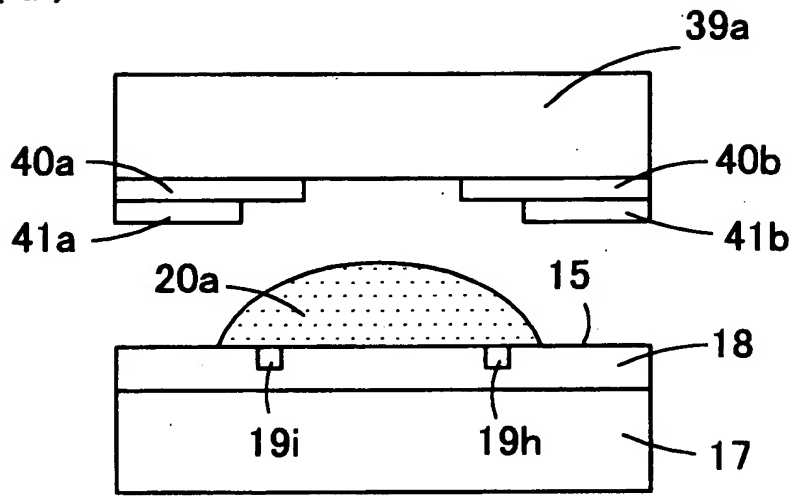
【図 40】

14h

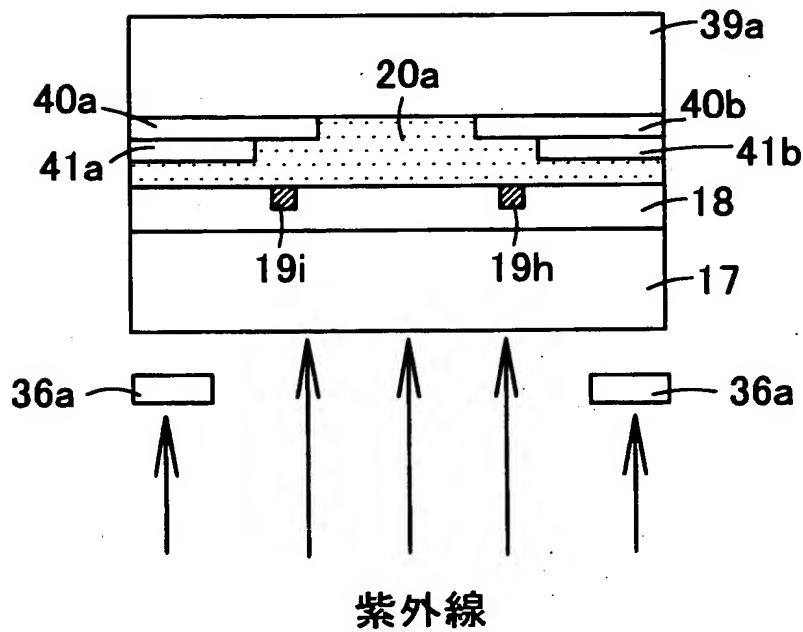


【図 4 1】

(a)

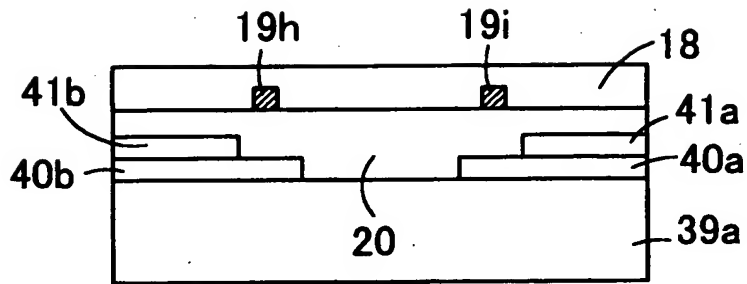


(b)

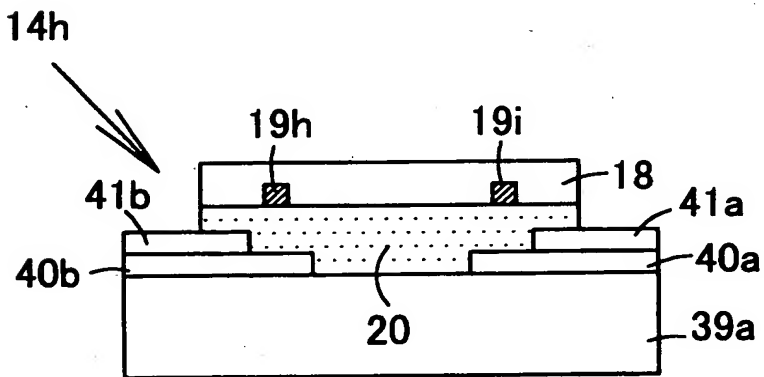


【図 4 2】

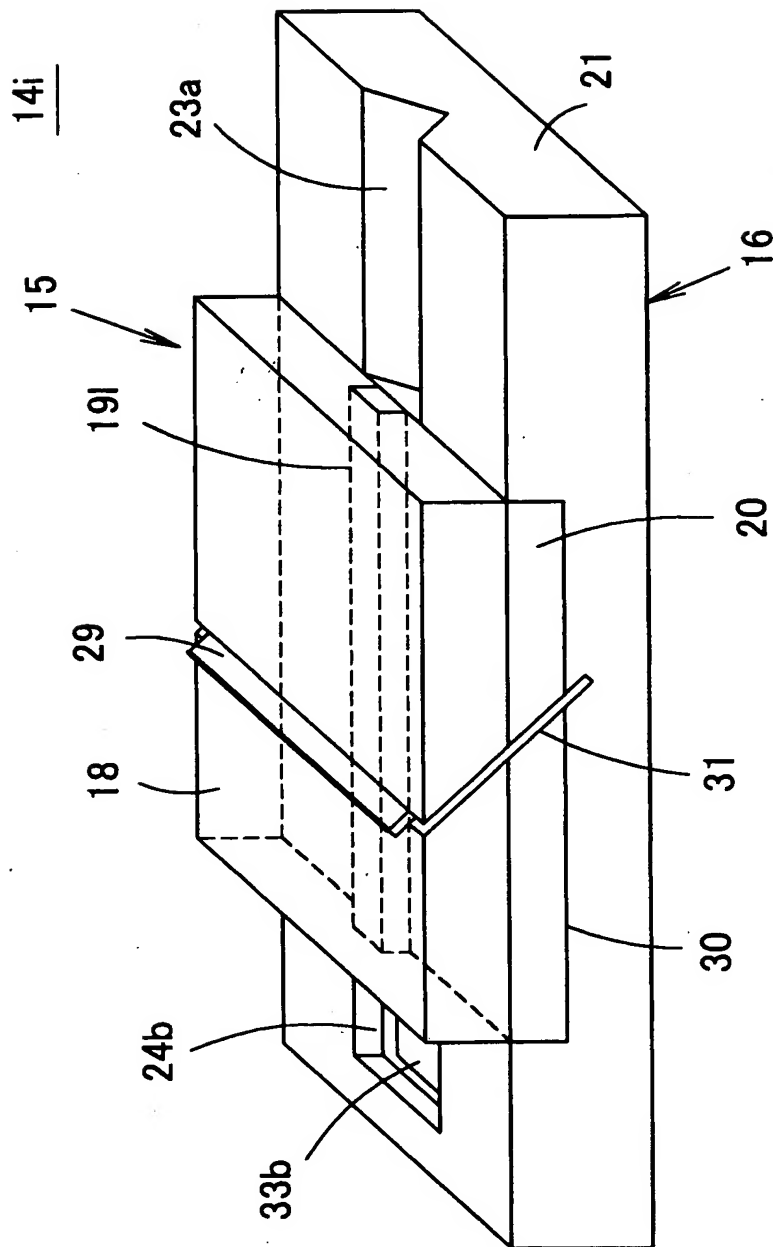
(a)



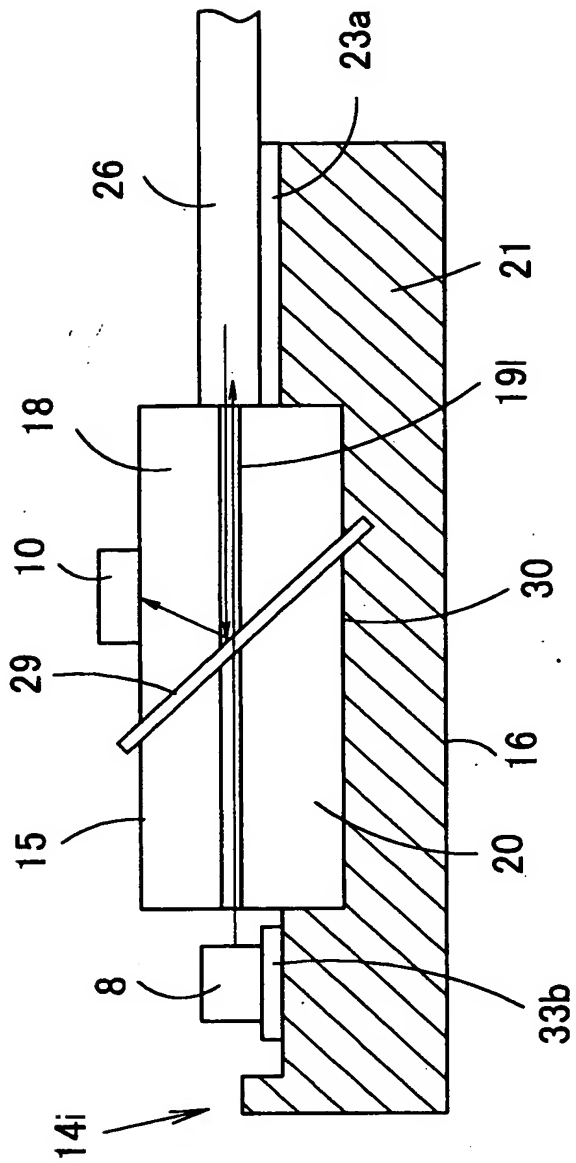
(b)



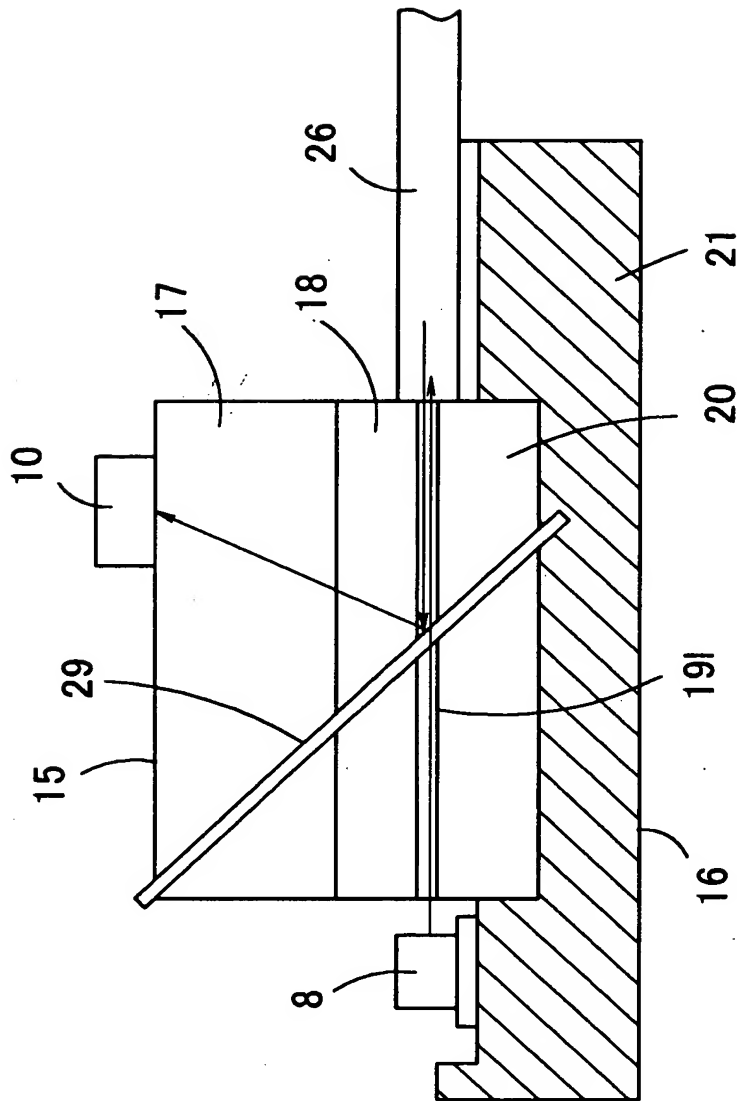
【図 4 3】



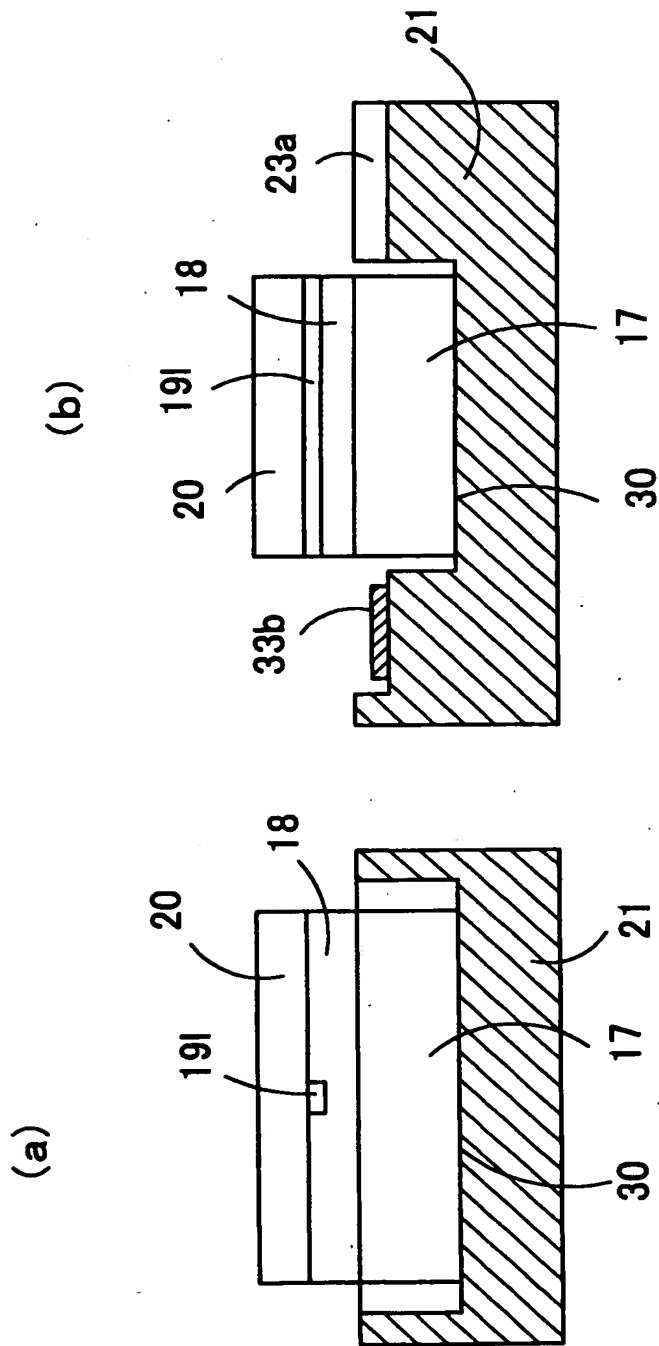
【图 4 4】



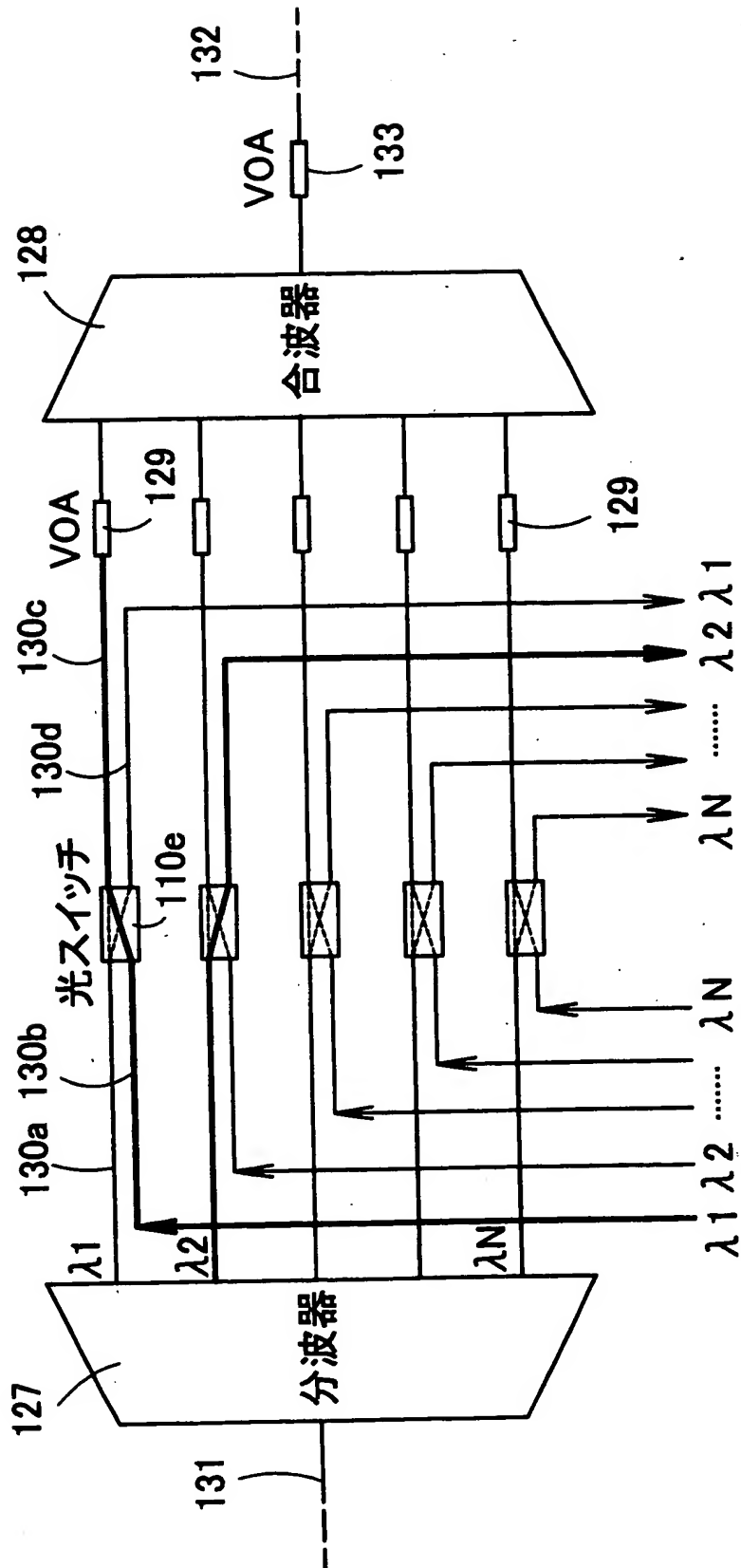
【図 45】



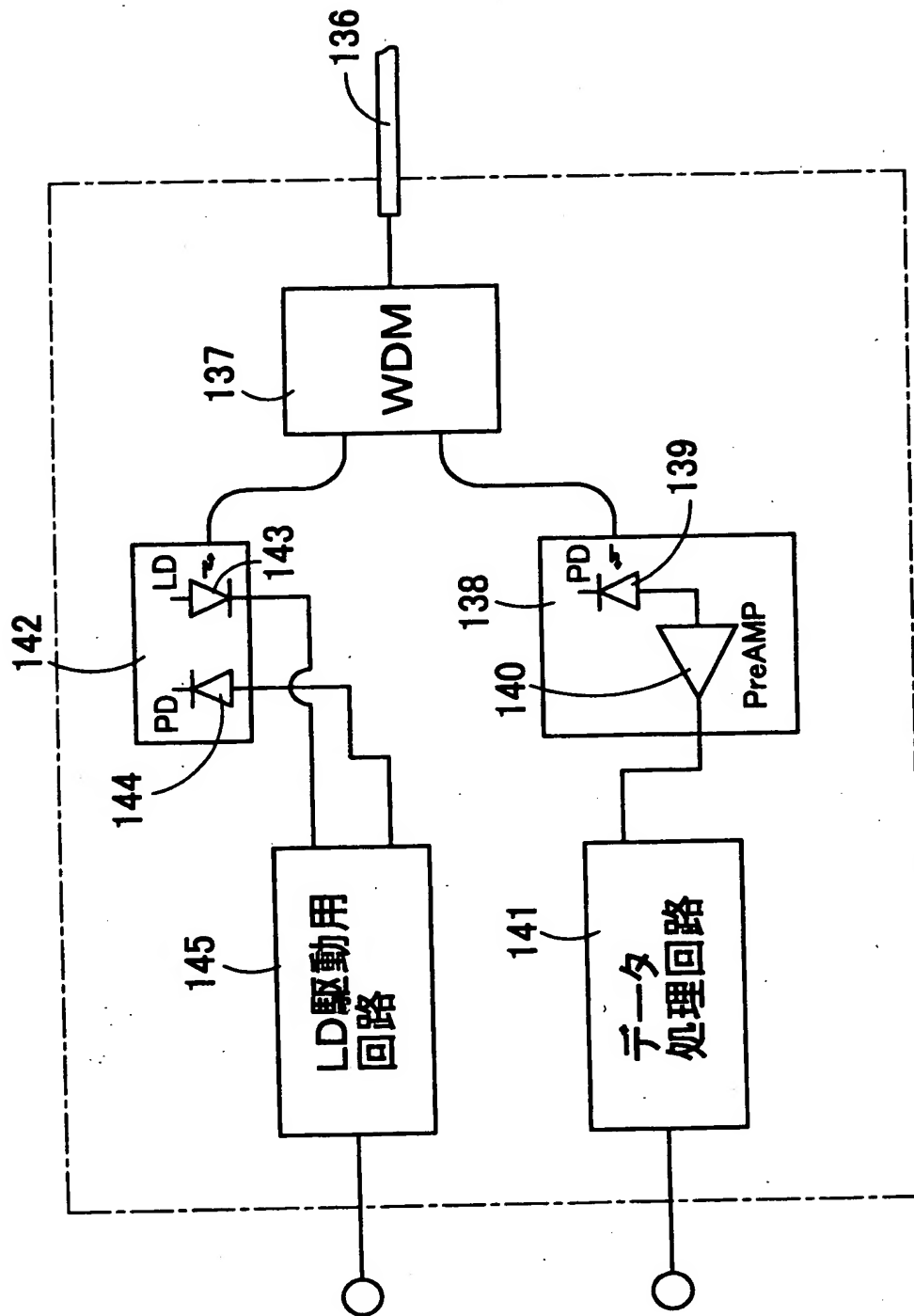
【図 46】



【図 47】



【図 48】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光導波路装置の製造工程を簡略化し、また大量生産に適した光導波路装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 シリコン基板 2 1 a の導波路固定領域 3 0 外に光ファイバを固定するための光ファイバガイド 2 3 a と、素子実装用ベンチ 3 3 a , 3 3 b を設けるための光学素子設置部 2 4 a , 2 4 b を設ける。シリコン基板 2 1 a の導波路固定領域 3 0 外には金属薄膜 2 2 を形成している。このシリコン基板 2 1 a の上面全体に上部クラッド層となる接着樹脂を介して導波路基板 1 5 を接着した後、導波路固定領域 3 0 の縁に沿って導波路基板 1 5 をダイシングし、導波路固定領域 3 0 の外部の導波路基板 1 5 を除去して光ファイバガイド 2 3 a と光学素子設置部 2 4 a , 2 4 b を露出させる。

【選択図】 図 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002945]

1. 変更年月日	2000年 8月11日
[変更理由]	住所変更
住 所	京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地
氏 名	オムロン株式会社